Environment Canada
Environnement Canada
de la
ion de
nnement

Decommissioning of Mercury Cell Chlor-Alkali Plants in Canada

Canada

Economic and Technical Review
Report EPS 3-EP-83-5

Environmental Protection Programs Directorate
November 1983

ENVIRONMENTAL PROTECTION SERVICE REPORT SERIES

Economic and Technical Review Reports relate to state-of-the-art reviews, library surveys, industrial inventories, and their associated recommendations where no experimental work is involved. These reports are undertaken either by an outside agency or by the staff of the Environmental Protection Service.

Other categories in the EPS series include such groups as Regulations, Codes, and Protocols; Policy and Planning; Technology Development; Surveillance; Training Manuals; Briefs and Submissions to Public Inquiries; and, Environmental Impact and Assessment.

Inquiries pertaining to Environmental Protection Service Reports should be directed to the Environmental Protection Service, Environment Canada, Ottawa, Ontario, Canada, K1A 1C8.

SÉRIE DE RAPPORTS DU SERVICE DE LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT

Les rapports d'analyse économique et technique portent sur les revues de l'état des connaissances, les relèves de bibliothèques, les inventaires industriels ainsi que leurs recommandations connexes dans les cas où celles-ci n'impliquent aucune recherche expérimentale. Ces analyses sont entreprises, soit par un organisme extérieur, soit par le personnel du Service de la protection de l'environnement.

Les autres catégories de la série de rapports du S.P.E. comprennent les groupes suivants: règlements, codes et accords; politique et planification; développement technologique; surveillance; guides de formation; rapports et exposés à des enquêtes publiques et impacts environnementaux.

Les demandes relatives aux rapports du Service de la protection de l'environnement doivent être adressées au Service de la protection de l'environnement, Environnement Canada, Ottawa, Ontario, K1A 1C8, Canada.

DECOMMISSIONING OF MERCURY CELL CHLOR-ALKALI PLANTS IN CANADA

by

I. McBeath
Industrial Programs Branch
Environmental Protection Programs
Directorate
Environmental Protection Service
Environment Canada

EPS 3-EP-83-5
November 1983

© Minister of Supply and Services Canada 1983
Cat. No. En 48-3/83-5E
ISBN 0-662-12917-2
BEAUREGARD PRESS LIMITED

SUMMARY

This report reviews in detail the procedures followed by six companies in dismantling, decontaminating and restoring, or converting their mercury cell chlor-alkali plants. Methods used to confine mercury-contaminated wastes from these plants in secure burial sites are described.

This report deals only with closure procedures, although the safety and health of the workers was also emphasized during discussions with plant personnel. At each plant the activities were planned to minimize the possible exposure to mercury and frequent regular personnel monitoring was undertaken even though the wearing of face masks was mandatory if the concentration of mercury in the air was greater than 0.05 mg/m^3. The monitoring included urine testing and workers were temporarily removed from exposure if the mercury levels rose above the normal permitted. Work clothes were washed daily and high standards of personal cleanliness were maintained. Special emphasis was placed on the prevention of spills and prompt cleanup action if they occurred. Cell rooms were well ventilated and atmospheric monitoring for mercury was carried out. Hand tools were used whenever cutting of mercury-contaminated metal was necessary.

Two plants, at Dryden and Saskatoon, were converted to the membrane process; however, the techniques used to decontaminate the brine circuit were substantially different. At Dryden, where rock salt is used for brine makeup, it was necessary to remove all mercury-bearing sludges from the brine circuit, replace certain pieces of equipment, and decontaminate the remaining equipment. In comparison, at Saskatoon, where closed-cycle salt wells are used, it was not necessary to remove mercury-bearing sludges or decontaminate the equipment as the mercury present in the circuit was absorbed on solids present, or formed a precipitate that settled out on the bottom of the salt cavity. As a result, the mercury present in the brine circuit dropped from a concentration of around 4 mg/L, at the time of closure, to an undetectable amount within two and one-half years. In spite of all the precautions taken at Dryden, mercury in products remained higher for a longer period of time than at the Saskatoon plant. Both plants have reduced mercury losses to process effluents plus storm runoff to very low levels, i.e., an average of less than 5 grams per day. No significant improvement can be expected in the future although a gradual reduction will likely occur over the coming years.

At ALCAN (Jonquière) and CIL (Shawinigan) total closure procedures were used. At Shawinigan initial plans called for the reuse of the cell building; however, extensive studies of mercury contamination of the plant and surrounding area by an engineering firm determined that complete restoration could only be accomplished by total dismantlement of the plant, and the removal of a further 125 000 cubic metres of brine solids, sand, clay and topsoil from the waste ponds, ravine and under the plant floors at a cost of $3.5 million. All the mercury-contaminated equipment and material was placed in a secure burial site. This excellent job of restoring a potentially long-term hazardous area to nearly normal conditions has reduced mercury in runoff to around 4 to 6 g per day. Further reductions will likely occur with time.

The plant at Jonquière was dismantled, decontaminated and then sealed to prevent mercury escaping from the building and basement that housed the plant. The restoration of the plant to new office space and light maintenance work has resulted in very low mercury releases in atmospheric emissions and liquid effluents. These good results should prevail as long as the concrete and asphalt seals used to prevent the release of residual mercury are not damaged.

The mercury-contaminated sludges produced in the ALCAN plant between 1971-76 were sulphided and then disposed of in two abandoned red mud ponds covering an area of 14 hectares. These same ponds were used to bury the contaminated equipment

from the plant. Dredged coarse sand from an adjacent red mud pond was used to cover the disposal area to a depth of 1.3 metres and a layer of 0.6 m of impermeable argilaceous clay is now being added. After grading, a layer of topsoil will be added and sown with grass. The mercury content in the runoff and seepages from the ponds is presently very low, less than 5 grams per day. If mercury losses increase due to a drop in pH, then further steps to prevent the dissolution of mercury will be required.

A partial dismantling has been implemented at Domtar's Lebel-sur-Quévillon chlor-alkali plant. All mercury has been removed from the plant and the equipment has been decontaminated; however, the cells, pumps, decomposers, tanks, etc., are still in place. The brine was run down before closure and treated for mercury removal before being slowly released; all the equipment on standby, except for the chemical storage tanks, is empty. Although the mercury cell chlor-alkali plant has ceased operations, the adjacent pulp and paper mill still requires the chemicals that were produced or used in the chemical plant, i.e., chlorine, caustic soda, sodium chlorate and sulphuric acid, and the storage facilities for these chemicals, which are transported to the plant in bulk, have been maintained.

The Domtar plant has always been plagued with high runoff and seepages, which tended to leach mercury that had escaped to the subsoil under and adjacent to the plant, particularly if chemicals were present. During the unloading and transferring of chemicals from the tank cars to the storage facilities chemical losses occurred which resulted in relatively high mercury losses from this plant from 1978 to 1981 (i.e., an average of about 65 grams per day). By isolating each chemical circuit to prevent losses to the subsoil and old sewers, mercury losses have been reduced to around 26 grams per day.

The mercury-contaminated sludges, waste anodes, etc., that were produced in this plant between 1971 to 1976 were placed on top of a layer of lime in the disposal site and then covered over with lime, followed by a layer of soil. In 1976, a layer of sulphur/sand followed by a 60 cm layer of impervious clay and top soil was used to seal off this area. A new disposal site with a hypalon liner was constructed in a clay area. All solids entering this area, which is still in use, have been sulphide treated. Monitoring wells have been placed around both areas.

At American Can of Canada's chlor-alkali plant in Marathon the chemical holding facilities are also required to serve the adjacent pulp and paper mill; however, most of the other equipment in this plant has been decontaminated and buried. Prior to closure of the plant, one of the two salt holding facilities was decontaminated so that mercury-free brine would be available for the sodium chlorate plant which remained in operation (the chlorate plant did not use mercury in its operation). After the chlor-alkali plant ceased operations, the brine was treated for mercury removal and then slowly released. All mercury-contaminated sludges were placed in barrels and buried in the disposal site.

The cells plus the ancillary equipment were then dismantled, decontaminated and buried in a cement bunker at the disposal site. All sludges from the cells, tanks, sumps, etc. were also placed in drums and buried at the disposal site. All washwaters were treated for mercury removal before being released. The floor in the cell room was then capped with cement. This area is now being used for dry storage.

The chlorate plant ceased operations in September, 1982. The equipment in the brine process area is now being dismantled and buried in the disposal area and the floors will be capped with cement. The only remaining equipment will be the chemical storage tanks which were decontaminated when the chlor-alkali plant was shut down. These tanks are isolated and any spills are recycled; thus no losses which could leach mercury from the soil in the surrounding area should occur.

All of the closed and converted plants monitor for mercury in the effluents, runoff and seepages from the original plant sites and burial areas. If any increase in mercury releases and migration are noted, corrective action will be taken immediately. All mercury removed from the closed and converted plants was sold to reputable dealers.

The dismantling, decontamination and restoration of a plant site varies somewhat from plant to plant depending upon the extent of mercury contamination around the plant, the topographical location of the plant, the type of soil around the plant, the availability of a salt cavern, whether the plant suspends operations or converts to a non-mercury process, etc. No two plants will likely use the same procedures to restore a site to a condition to accept further development without risk to the environment. The procedures outlined herein, however, should be helpful in ensuring that a plant closure is conducted in such a manner as to protect both the environment and the health of the employees.

TABLE OF CONTENTS

		Page
SUMMARY		i
1	INTRODUCTION	1
2	GE ERAL APPROACH AND METHODOLOGY	4
2.1	Review of EPS Files on the Six Companies	4
2.2	Discussions with Regional Personnel	4
2.3	Site Visits	4
3	SITE VISIT REPORTS	5
3.1	Saskatoon Chemicals' Closed Mercury Cell Chlor-alkali Plant at Saskatoon (converted to membrane process)	5
3.1.1	Historical Operation	5
3.1.2	Dismantling Conversion and Decontamination Procedures	5
3.1.3	Monitoring	7
3.1.4	Further Action in Progress or Planned	7
3.1.5	Conclusions	8
3.2	Domtar Inc. Closed Mercury Cell Chlor-alkali Plant at Lebel-sur-Quévillon	8
3.2.1	Historical Operation	8
3.2.2	Partial Dismantling and Decontamination Procedures	8
3.2.3	Monitoring	11
3.2.4	Further Action in Progress or Planned	11
3.2.5	Conclusions	12
3.3	Aluminum Company of Canada Limited Closed Mercury Cell Chlor-alkali Plant at Jonquière	12
3.3.1	Historical Operation	12
3.3.2	Predismantling Studies Performed	13
3.3.3	Dismantling and Decontamination Procedures	14
3.3.4	Monitoring	14
3.3.5	Further Action in Progress or Planned	15
3.3.6	Conclusions	15
3.4	Great Lakes Forest Products Limited Closed Mercury Cell Chlor-alkali Plant at Dryden (converted to membrane process)	15
3.4.1	Historical Operation	15
3.4.2	Dismantling, Conversion and Decontamination Procedures	15
3.4.3	Monitoring	16
3.4.4	Further Action Planned or Recommended	18
3.4.5	Conclusions	18
3.5	American Can of Canada Limited Closed Mercury Cell Chlor-alkali Plant at Marathon	18
3.5.1	Historical Operation	18
3.5.2	Dismantling and Decontamination Procedures	19
3.5.3	Monitoring	20

		Page
3.5.4	Further Action in Progress or Planned	20
3.5.5	Conclusions	20
3.6	Canadian Industries Limited Closed Mercury Cell Chlor-alkali Plant at Shawinigan	20
3.6.1	Historical Operation	20
3.6.2	Dismantling and Decontamination Procedures	22
3.6.3	Monitoring	23
3.6.4	Further Action in Progress or Planned	23
3.6.5	Conclusions	23
4	OVERALL CONCLUSIONS	25
ACKNOWLEDGEMENTS		28
APPENDIX A	DISPOSAL SITE AND PROCEDURES - SASKATOON CHEMICALS	31
APPENDIX B	DISPOSAL SITE AND PROCEDURES - DOMTAR INC.	35
APPENDIX C	DISPOSAL SITE AND PROCEDURES - ALUMINUM COMPANY OF CANADA LIMITED	41
APPENDIX D	DISPOSAL SITE AND PROCEDURES - GREAT LAKES FOREST PRODUCTS LIMITED	45
APPENDIX E	DISPOSAL SITE AND PROCEDURES - AMERICAN CAN OF CANADA LIMITED	49
APPENDIX F	DISPOSAL SITE AND PROCEDURES - CANADIAN INDUSTRIES LIMITED	53

LIST OF TABLES

Table		Page
1	SUMMARY OF PRESENT MERCURY DISCHARGES FROM CLOSED MERCURY CELL PLANTS AND COSTS INCURRED TO RESTORE SITES	25
D.1	RECORD OF SLUDGE BURIAL AT DRYDEN	46

LIST OF FIGURES

Figure		Page
1	MERCURY DISCHARGED IN LIQUID EFFLUENTS FROM SASKATOON CHEMICALS' SASKATOON PLANT	6
2	MERCURY DISCHARGED IN LIQUID EFFLUENTS FROM DOMTAR'S LEBEL-SUR-QUÉVILLON PLANT	10
3	MERCURY DISCHARGED IN LIQUID EFFLUENTS FROM GREAT LAKES FOREST PRODUCTS LTD. DRYDEN PLANT	17
4	MERCURY DISCHARGED IN LIQUID EFFLUENTS FROM AMERICAN CAN'S MARATHON PLANT	21
5	MERCURY DISCHARGED IN LIQUID EFFLUENTS FROM CIL'S CLOSED CHLOR-ALKALI PLANT AND CAUSTIC SODA CONCENTRATOR AT SHAWINIGAN	24
A.1	DISPOSAL OF MERCURY-CONTAMINATED MATERIALS, SASKATOON CHEMICALS	33
A.2	GROUNDWATER SAMPLING LOCATIONS, SASKATOON CHEMICALS	34
B.1	EXTERIOR SEWER SYSTEM - DOMTAR CHEMICAL PLANT, QUÉVILLON	36
B.2	DOMTAR'S MERCURY CONTROL MEASURES - ABANDONED SITE	37
B.3	DOMTAR'S MERCURY CONTROL MEASURES - EXISTING SITE	38
C.1	RED MUD PONDS NO. 2 & 3A. ENVIRONMENTAL RESTORATION, SEALING OF PONDS - PLAN VIEW, ALCAN LTD.	42
C.2	RED MUD PONDS NO. 2 & 3A. ENVIRONMENTAL RESTORATION, SEALING OF PONDS - ELEVATION VIEW, ALCAN LTD.	43
D.1	DETAIL WASTE DISPOSAL BURIAL SITE - GREAT LAKES FOREST PRODUCTS LTD., DRYDEN	47
D.2	CROSS SECTIONAL DETAIL OF BURIAL PITS - GREAT LAKES FOREST PRODUCTS LTD., DRYDEN	48
E.1	MERCURY DISPOSAL PLOT PLAN - AMERICAN CAN OF CANADA LIMITED	50

Figure		Page
E.2	DISPOSAL PIT DETAILS - AMERICAN CAN OF CANADA LIMITED	51
F.1	BURIAL SITE OF MERCURY RESIDUES - CANADIAN INDUSTRIES LIMITED	54
F.2	STRATIGRAPHY OF THE SOIL AT BURIAL PITS - CANADIAN INDUSTRIES LIMITED	55

1 INTRODUCTION

Mercury gives rise to environmental problems of a very complex nature. The element appears to have been a part of man's environment for a long time, but human activity has increased the overall quantity of biologically available mercury in the environment. In specific local areas, unacceptably high levels have been found.

It was proven beyond doubt in early 1965 that the presence of mercury in industrial effluents might result in elevated concentrations of mercury in fish downstream from the point of discharge. Concern became acute when this observation was combined with the finding soon afterwards that virtually all mercury in fish is present as a methyl mercuric complex, irrespective of whether the origin is metallic, inorganic or organic.

Early concern in Canada seemed to arise after studies had been conducted in 1969, first at the University of Saskatchewan and then at the University of Western Ontario. These studies showed a high mercury level in fish taken from the South Saskatchewan River Drainage Area and Lake St. Clair, respectively. There was then only one conclusion possible: the use of mercury for industrial or other purposes involves an obvious risk of environmental poisoning and must therefore be made subject to severe restrictions. The first result was the almost immediate closure or partial closure to fishing of 16 water bodies across Canada after extensive surveys of mercury levels in Canadian waters revealed significant mercury contamination.

In 1969, 14 chlor-alkali plants were producing chlorine by the mercury cell process. (Canso Chemicals started production in 1970 bringing the total to 15 plants). Chlorine production in 1969 by the mercury cell process was around 500 000 tonnes, produced in plants ranging in capacity from 30 to 230 tonnes per day. Mercury consumption was in the order of 110 000 kg per year, with an estimated 62 percent going directly into water streams and the remaining 38 percent being lost to the atmosphere, products and solid wastes.

In 1970-71, all mercury cell chlor-alkali plants, through working agreements with the federal and provincial governments, ceased discharging mercury-contaminated brine treatment solids to sewers, separated contaminated wastewaters from relatively clean wastewaters, recycled as much of the contaminated wastewaters as practical, and treated the remainder. These revised operating practices reduced mercury discharges in liquid effluents by more than 99 percent.

In 1972, Environment Canada issued chlor-alkali mercury regulations stipulating that mercury in liquid effluents from a plant may be deposited in waters frequented by fish if the quantity deposited by the plant in any day does not exceed 0.005 pounds per ton of chlorine produced by the plant in that day (2.50 grams per tonne of chlorine produced).

Several economic factors such as the age and value of their plants, the number of plants operated, and their production technologies resulted in different approaches by the chlor-alkali companies to the mercury problem. For example, Dow Chemical of Canada, Ltd. felt itself able to convert to the diaphragm process at both of its plants in Sarnia (1972) and phase out its Thunder Bay operation in 1973, even though these plants were meeting the Provincial and Federal Government requirements. On the other hand, Reed Ltd. at Dryden and Prince Albert Pulp and Paper Ltd., which met the Chlor-Alkali Mercury Liquid Effluent Regulations, felt that the cost of meeting the Chlor-Alkali Mercury National Emission Standards Regulations (to control mercury emissions to air), which were issued in 1975, could be too expensive for their small operations, and converted their plants to the membrane process in 1975 and 1978, respectively. Canadian Industries Limited closed two mercury cell plants and increased production at their new diaphragm plant to make up for production losses. ALCAN and American Can of Canada closed their plants, and Domtar mothballed its plant. The three companies are now purchasing their chlorine and caustic needs.

Because of the environmental hazards associated with mercury, it was necessary to ensure that plant conversions or closures were conducted in such a manner as to protect the environment, by removing all mercury-containing wastes and contaminated equipment to an approved burial site and by restoring the plant site to a condition acceptable for further development without risk. It must be pointed out, however, that even though the amount of mercury being discharged from these closed or converted plants is extremely low, much of the mercury discharged to the rivers in the years prior to 1969 is still present in the sediments and will cause moderately high levels of mercury in fish for some years.

The two Dow Chemical of Canada, Ltd. mercury cell chlor-alkali plants in Sarnia were dismantled and decontaminated in 1973. Mercury-contaminated sludges were sent to a salt cavity that was no longer used, or were buried, along with mercury-contaminated equipment, in a pit of heavy clay soil, covered with a concrete pad followed by top soil to form part of the green belt at the plant. Mercury migration from the disposal site has not been detected during monitoring carried out over the past nine to ten years.

The Dow Chemical of Canada mercury cell chlor-alkali plant at Thunder Bay was dismantled and decontaminated in 1973. All buildings and equipment associated with the chlor-alkali process were sent to the company's Sarnia plant for disposal. In October 1973 the company was granted by the Ministry of the Environment for Ontario a Certificate of Approval to dispose of mercury-contaminated sludges in a disposal cell lined with an impervious layer of clay plus polyethylene film. These sludges had accumulated at the plant prior to closure. Prior to disposal in the cell the sludges were "Chemfixed" to further reduce chances of mercury migration and their susceptibility to leaching. The cell was covered with clay and soil, the area was fenced and groundwater monitoring wells were established at the site. Monitoring of the wells by both the Company and the Ministry of the Environment has indicated no significant change in the mercury levels to groundwater.

At the Canadian Industries Ltd. (CIL) Hamilton plant, extensive sampling for mercury contamination in the trenches, sumps, cement floor, painted girders, etc., was carried out based on schemes designed for other sites within the company and the parent group, Imperial Chemical Industries. Based on these results the mercury was first removed from the cells, decomposers, piping, etc., and the plant equipment was dismantled, decontaminated and removed. The walls and roof of the cell room were then washed with water under high pressure. All wash waters were treated for mercury removal before being discharged. The equipment that was removed was sent to the CIL plant in Cornwall. Some of this equipment was reused, the rest was buried in an approved burial site at Shawinigan. As sampling had revealed that mercury contamination was fairly extensive in the trenches and sumps, the cement floors in these areas were removed, crushed and mixed with sludges to be treated.

Mercury-rich sludges were sent to CIL Cornwall for mercury recovery by retorting. Sludges with less than 10 ppm mercury, e.g., brine treatment sludge from the disposal area used prior to 1970, and the sludges from the lined pond that were collected subsequent to the control order to contain mercury discharges were fixed using a sodium sulphide, sodium silicate, lime process. The consistency of this mixture was poor, so the material was stored in an asphalt lined pond. Subsequently the material was mixed with calcium oxide which resulted in a gravel type hard aggregate. Leaching tests on this aggregate indicated very little leaching of mercury occurred; however, since the disposal of this material to a land fill site was prohibited, it was trucked to the Goodfellow disposal site in Sarnia.

Before and subsequent to a steel company taking possession of the property, CIL provided guidance and assistance in the disposition of mercury-contaminated dredging spoil and the filling in and recovery of a section of the land bordering the plant, to ensure the protection of the environment.

Since the plants in Sarnia, Hamilton and Thunder Bay have been dismantled and decontaminated for over nine years, and since monitoring for mercury releases and migration from both the original site and burial pits has not shown any environmental transgression, they are not discussed further in this report. The procedures used to dismantle, decontaminate the plant sites and dispose of the contaminated material from the other six closed or converted plants in Canada are described in detail.

2 GENERAL APPROACH AND METHODOLOGY

To assess the effectiveness of the procedures used by the different plants in eliminating the mercury problem inherent in their past operations, the approach taken was to first review Environmental Protection Service (EPS) Headquarter files on the six companies, discuss the program and obtain any information that was available in provincial and federal regional offices, and then initiate plant site visits with company personnel. The following paragraphs briefly describe the major study tasks and their results as they are presented in this report.

2.1 Review of EPS Files on the Six Companies

As required by the Chlor-Alkali Mercury Regulations, all companies had to monitor mercury losses to liquid effluents each day and report such losses on a regular monthly basis. After the plants ceased production or converted to a non-mercury process, all plants surveyed in this report, except ALCAN Ltd., continued to submit monthly reports on mercury discharges to liquid effluents from their operations. The results of this monitoring are reported in the body of this report.

In addition, over the past 10 years the companies have submitted letters, plant drawings, and other data on procedures taken to reduce mercury losses to the environment and on the disposal of mercury-containing wastes. Personnel in Environment Canada and from provincial environmental ministries had also visited these plants on a number of occasions and written site visit reports. All of these documents were reviewed before the sites were revisited, in order to better understand what was involved in the dismantling and decontamination decisions and the effectiveness of waste disposal procedures.

2.2 Discussion with Regional Personnel

Before companies dismantled and decontaminated their plants, they submitted plans to their respective provincial environmental ministries. In addition, at some plants, provincial environmental personnel or consultants oversaw the dismantling procedures and issued reports. EPS regional personnel were helpful in obtaining copies of these reports for perusal and arranging contacts with provincial personnel and site visits.

2.3 Site Visits

The closed and converted chlor-alkali plants in Quebec, Ontario and Saskatchewan were visited by engineers from Environment Canada. In Ontario, Environment Canada was assisted by engineers from the Ontario Ministry of the Environment.

At each plant the personnel from the environmental agencies met with plant engineers to discuss the procedures used to dismantle, decontaminate and convert or restore the plant sites. The converted or restored sites and burial areas were inspected and the monitoring facilities were noted. Further discussions covered such topics as worker protection during dismantling, decontamination and restoration procedures.

Prior to or during the decommissioning procedures the companies had engaged engineering firms or consultants to evaluate the burial sites, current emission values and/or the extent of mercury contamination. The plant personnel were very cooperative in supplying copies of reports on these evaluations.

3 SITE VISIT REPORTS

3.1 Saskatoon Chemicals' Closed Mercury Cell Chlor-alkali Plant at Saskatoon (converted to membrane process)

3.1.1 Historical Operation. Saskatoon Chemicals' (originally Northern Industrial Chemicals Ltd.) chlor-alkali plant commenced operations in 1962 with a rated capacity of 25 tonnes per day (tpd) and expanded in 1968 to 90 tpd. Prior to 1971, mercury-contaminated brine treatment solids were discharged directly to sewer; however, in 1971 a decision was made to send these solids to a pond, where the solids settled out and the liquid was recycled to the brine wells. In 1972 the brine treatment solids were re-directed to the brine wells and contaminated wastewaters were recycled or treated for mercury removal before being discharged. Mercury in air emissions were reduced by cooling the hydrogen gas using indirect water coolers; the recovered mercury was recycled to the process.

In the mid 1970's, old sludge and debris from the toe of the river bank, where the plant's effluent entered the South Saskatchewan River, was removed and buried in a disposal area about 500 metres north of the plant. Later this material, along with the sludge from the sludge lagoon, was buried in a pit nearby. The bottom of the pit was covered with a layer of clay-bentonite, then scarified and compacted to form an impermeable seal. A layer of peat moss was added, followed by the mercury-contaminated sludge. A layer of clay and topsoil was added to seal off the area.

3.1.2 Dismantling, Conversion and Decontamination Procedures. On November 2, 1978, Saskatoon Chemicals, a Division of Prince Albert Pulp and Paper Co., suspended operations of their mercury cell chlor-alkali plant at Saskatoon and converted to a membrane cell process, which re-opened on November 10, 1978.

When the mercury cell plant ceased operations, it was dismantled and decontaminated with the concurrence of the Saskatchewan Environment Department. A consultant was hired to design and check the disposal site and to supervise and certify disposal of the equipment. About 36 000 kg of mercury was removed from all the equipment and an additional 800 kg was recovered from the waste pit. This mercury was cleaned, bottled and sold to a reputable dealer. The equipment that was no longer required, such as the cells, decomposers, end boxes, etc., was dismantled and decontaminated using squeegees and water under high pressure. The equipment was then buried in a disposal pit and the wash water treated for mercury removal or recycled to the salt cavity.

A new cell room was built adjacent to the old mercury cell room to house the new membrane cells. It was not necessary to decontaminate the brine circuit, i.e., brine upwells, reaction tanks, clarifier, pumps, degasifier and holding tanks, since the closed brine circuit to the brine wells was maintained. Over a relatively short period of time, mercury present in the brine sludges, brine tanks and other equipment worked its way out of the system and is now deposited in a sludge layer on the bottom of the salt cavity. In November 1978, the mercury concentration in the brine being pumped from the wells was in the order of 1 mg/L, while that in the depleted brine going to the wells was around 4 mg/L. In July 1979, the mercury concentration in the brine system was about 0.5 mg/L; by December 1979 it had dropped to 0.2 mg/L; by June 1980 to 0.05 mg/L; and by early 1981 the mercury concentrations were below the detectable limit, as shown in Figure 1. This phenomenon is substantiated by mercury decreases in the products (i.e., caustic, hypo and HCl) from around 1.5 kg/month in November 1978 to 0.1 kg/month or less at present.

The old hydrogen system was scrapped and replaced with a new cooler. The caustic receiving tanks and caustic filters were scrapped; however, the caustic storage

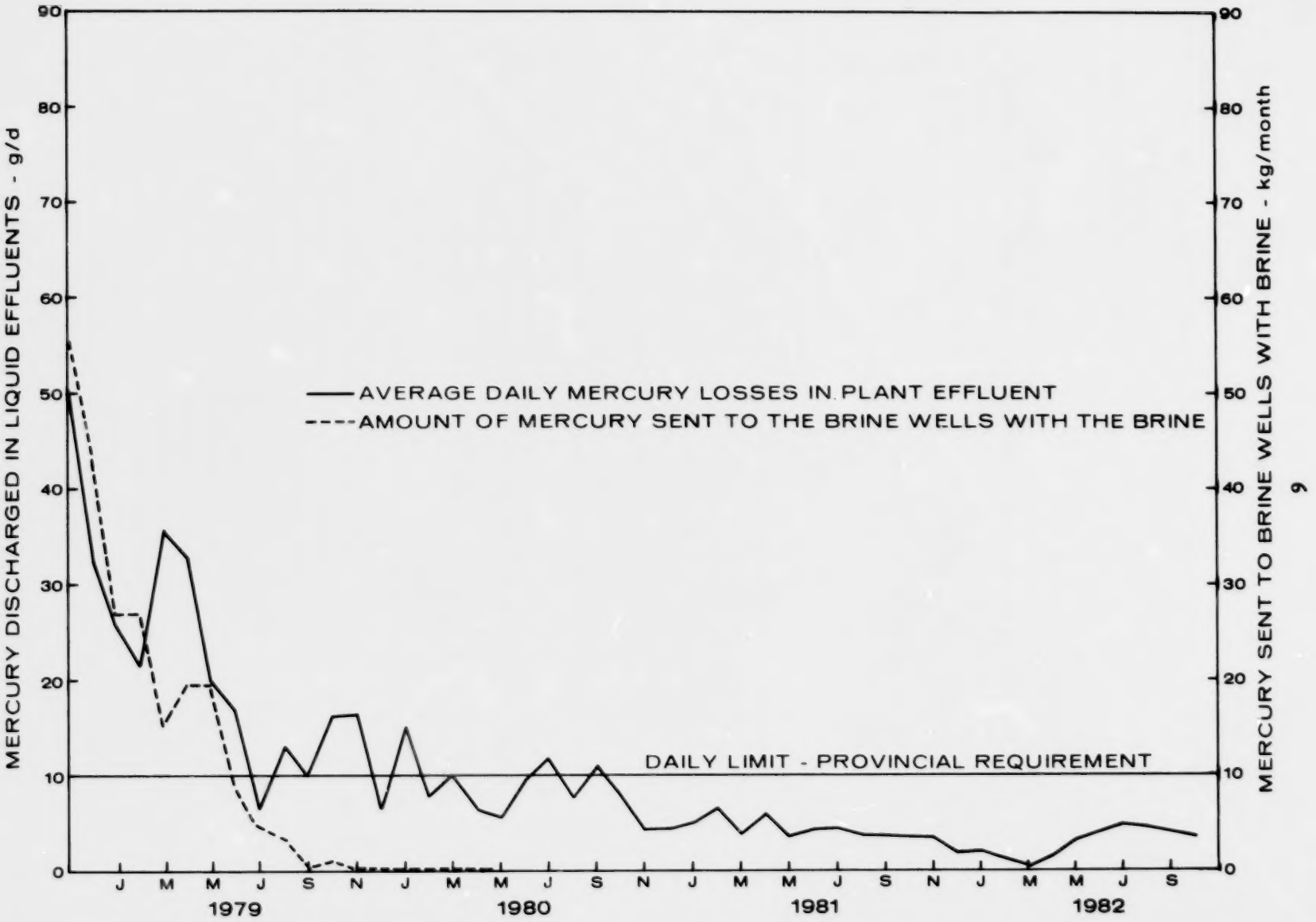


FIGURE 1 MERCURY DISCHARGED IN LIQUID EFFLUENTS FROM SASKATOON CHEMICALS' SASKATOON PLANT

tanks were retained. Most of the chlorine system such as the coolers, driers, sulphuric acid mist eliminator, compressor, liquefiers and storage tanks, was retained.

All mercury-contaminated solids from the plant and from the storm water and effluent ponds were buried in the disposal area or discharged to the brine wells. The cement cell room and basement floors plus about 1 metre of soil from beneath the cell room area were removed and buried in the disposal area. Clean backfill was added followed by a new cement floor and sewer system. The steel beams, girders, etc., in the old cell room area were sand blasted and then painted.

The flooring in the brine treatment area (excluding the area for the tanks and pump bases) was removed, as well as a small amount of soil from under this area. This material will be buried in an expansion of the mercury disposal pit. An area on the north side of the building was overlaid with concrete and a railway spur installed. Any spills or runoff from this area goes to the brine down well via the sodium chlorate sump.

Appendix A provides a complete description and drawings of the disposal area. Test monitoring wells were strategically placed around the disposal area to check on the migration of mercury from the disposal area into the surrounding groundwater.

3.1.3 Monitoring. The plant is situated on the west bank of the South Saskatchewan River approximately 30 metres above the river level. A study undertaken by J.D. Mollard and Associates Ltd. (1975) established that groundwater flow should be toward the river rather than inland.

Monitoring wells between the mercury-contaminated materials disposal pit and the river, and the plant and the river have shown a decline in mercury concentrations since the plant was converted (i.e., from around 20-45 µg/L Hg in 1974-78 down to 2-10 µg/L Hg in 1979-81).

A number of monitoring wells in the area of the sludge disposal pit have frequently been dry over the past three years. When groundwater is present, mercury levels averaging about 2.5 µg/L have been found, which implies that the mercury in the sludges has been retained by the peat, bentonite and clay.

The company engaged Beak Consultants Ltd. to evaluate the current effluent from the Saskatoon Chemicals plant. Their main conclusions pertaining to the plant closure were:

a) The current average mercury loss of about 2 g/d is well below federal and provincial guidelines, and is already well below the level obtainable incorporating Best Available Technology proposed for chlor-alkali plant effluent by the U.S. Environmental Protection Agency for 1984. In 1984, it is projected that mercury losses from the plant will reach 1 g/d.

b) It would not seem to be necessary, and may not be possible, to control mercury losses further by installing auxiliary effluent treatment at the plant. Rather, periodic monitoring, maintenance and clean-up procedures should accomplish sufficient control of mercury losses to the river system. Handling procedures should ensure that hypochlorite and acid spills are as infrequent as possible.

c) Future expansion and construction on the site should take into consideration the possible resulting mobilization of mercury. Clean-up and monitoring procedures are suggested if such work is to be undertaken.

3.1.4 Further Action in Progress or Planned.

1) The floors, sewers and sump in the chlorine liquefaction area are to be upgraded.

2) The chlorine drying towers are to be moved and replaced. A retaining wall and sump will be installed. Any spills will be collected and recycled to the mill or neutralized and sent to the brine wells.

3) The sodium hypochlorite scrubbers are to be moved and replaced. A retaining wall and sump will be installed to collect any spills. The spills will be treated to destroy the hypo and then sent to the salt cavity.

4) Some areas around the plant, in the storm sewers and in the storm pond, still contain relatively high mercury concentrations (greater than 10 parts per million). These solids will be removed and buried.

5) A study will be undertaken to determine the best way of segregating and collecting spills from the products loading station. These products will be recycled or sent to the salt cavity.

3.1.5 Conclusions.

1) A closed-cycle brine circuit to underground salt cavities has helped this plant attain low mercury discharges to liquid effluents, i.e., a daily average of 1-5 g per day in process wastewater plus storm runoff.

2) Once the plant renovations have been completed, i.e., when the soil containing high mercury levels has been removed and buried and chemical losses to sewer have been eliminated, mercury losses to effluent from this plant should be consistently low, around the 1 g/d level.

3) Mercury levels in monitoring wells around the plant and disposal site have shown a decline since the closure of the mercury cell plant. Since the mercury waste disposal area is only around 250 m away from the river, close monitoring control should be maintained.

3.2 Domtar Inc.'s Closed Mercury Cell Chlor-alkali Plant at Lebel-sur-Quévillon

3.2.1 Historical Operation. Domtar's mercury cell chlor-alkali plant at Lebel-sur-Quévillon commenced operations in 1967 with a rated capacity of 75 tonnes of chlorine per day. Prior to 1971 mercury-contaminated solids and wastewaters were discharged directly to sewer. In 1971 systems were installed to limit mercury losses in liquids, in solids and to the atmosphere. Mercury-contaminated wastewaters were segregated from non-contaminated wastewaters and some of the contaminated wastewaters were recycled, limiting the volume of wastewater needing treatment. A treatment system including sodium sulphide, sand filters and carbon filters was installed. A new sampling station was built which included samplers and flow measuring devices which recorded the total plant wastewater discharge, i.e., surface water, process water, storm water, cooling water and sanitary water. The contaminated solids generated in the plant were deposited in a sludge disposal area. Lime and sodium polysulphide were spread over the solids in order to maintain an alkaline pH at the site. To reduce losses to atmosphere primary and secondary coolers were installed on the hydrogen system. Purifiers were placed on the caustic and hydrogen stacks.

3.2.2 Partial Dismantling and Decontamination Procedures. On May 15, 1978, Domtar mothballed its mercury cell chlor-alkali plant. Since the suspension of

operations, a number of steps have been taken to reduce mercury losses from this plant. The prevention program has been mainly successful; mercury losses to sewer have been gradually decreasing since 1978 as shown in Figure 2.

At this plant, mercury was removed from all the equipment and sold to a reputable dealer. All the mercury-rich solids, e.g., the graphite from the decomposers, the used anodes, etc. were placed in barrels lined with plastic bags and shipped to the United States.

Solids with high mercury concentrations, i.e., caustic filter solids, activated carbon and mercury sulphide from the water treatment system, mercury butter, sludges from the cell room trenches and holding tanks, etc., were removed, placed in barrels and shipped to St. Catharines for mercury recovery. Mercury recovered from these solids totalled 750 kg.

All the cells, decomposers, mercury pumps, etc., were washed using water under high pressure. Plastic was placed on top and the covers were replaced and bolted down. The piping from the cells, pumps, decomposers, hydrogen and caustic headers, etc. was removed, drained of mercury and then washed with water under high pressure. Some of this piping was sent to the disposal site; the rest was cut into short lengths, placed in barrels and then shipped to the U.S.A. for burial. All the wash waters were treated for mercury removal. Close to 1 500 kg of mercury were recovered during the cleaning of the caustic, brine, chlorine and chlorate systems.

All the tanks and sumps were emptied and decontaminated. Certain pieces of equipment are still in use. Other tanks plus other equipment were removed and are stored in an area adjacent to the plant.

Cracked floors at cell level were removed and placed in barrels. The other floors were cleaned, repaired and re-covered with a protective coating.

The building was washed twice with water under high pressure. Tests indicate that mercury concentrations in air are quite low (<0.01 mg/m^3).

Although the mercury cell chlor-alkali plant ceased operations, the pulp and paper plant still requires chlorine, caustic soda, chlorate and sulphuric acid. These chemicals are now transported to the plant in tank cars which are unloaded into the existing caustic, chlorate, chlorine and sulphuric acid holding tanks. Over the past four years chemical losses, normally occurring during the unloading or transferring operations, have leached mercury from the old sewers or contaminated soil under the chemical plant, causing above-normal mercury losses to liquid effluents. Acid losses have also increased the temperature of the effluent in the PVC sewers causing them to rupture.

An assessment of the reasons for mercury losses remaining around the 95 g/d level was made and it was concluded that the major reasons were: losses of chemical products that leached mercury from the soil, sewer pipes, etc.; breaks in the underground sewer lines allowing wastewaters containing acids, alkalis and oxidants to leach mercury from the contaminated soil; and problems with the operation of the wastewater treatment system for mercury removal.

To correct these problems, the unloading area was levelled, a cement apron coated with an epoxy resin was installed under the entire area, and each unloading section was separated by a low wall. Any chlorate leaks now join the process sewer after the mercury treatment system; any acid and SO_2 leaks drain to the effluent holding sump; and any caustic soda leaks drain to the used cooling water sewer. Sulphuric acid, which is received in tank cars, is unloaded to the acid holding tank. The overflow from the acid tank now goes to an old weak brine tank. If this tank were to overflow the acid would go to the wastewater holding sump.

Some sewer lines have been reoriented and/or replaced, and made water-tight, and additional instrumentation such as high and low level alarms has been installed to reduce the chances of chemical overflows. The sanitary sewer has been isolated from the

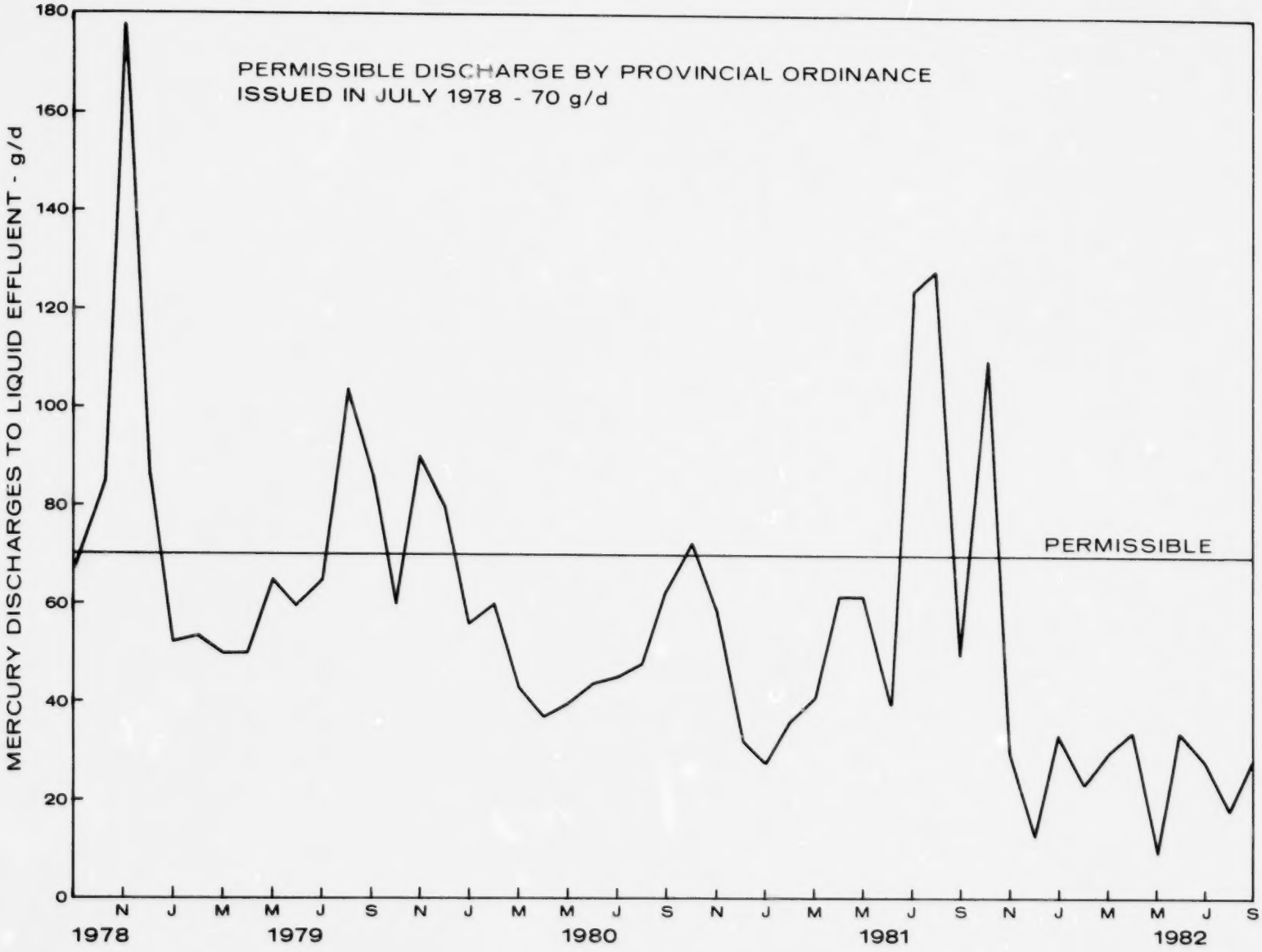


FIGURE 2 MERCURY DISCHARGED IN LIQUID EFFLUENTS FROM DOMTAR'S LEBEL-SUR-QUÉVILLON CHLOR-ALKALI PLANT

storm sewer, and effluent from the septic tank now bypasses the treatment system. Figure B.1, Appendix B, shows the plant area sewer system.

To eliminate one of the causes of wide swings in pH in the storm sewer, the wastewater from the H_2SO_4 filter is now mixed with wastewater from the chlorine dioxide generators and is used in the recovery of kraft cooking liquor. The acid sewer has been blocked off and isolated. The effluent in the acid sewer is now pumped to the wastewater treatment system. An overflow line was installed from the acid head tank back to the unloading tank, and the floor drain under the acid head tank drains to the wastewater retention sump. All these changes have isolated the acid circuit from all other areas, eliminating an important cause of high mercury losses to liquid effluents.

Overflows from the 50 percent and 10 percent caustic soda holding tanks now goes to the used cooling water sewer. A retaining wall surrounding the sodium hypochlorite reactor is joined to a sump which allows all discharges to be collected. The collected hypo is recycled to the reactor. The overflow from the hypo storage tank is connected to the cooling water sewer. Pump seal water from the acid and effluent pumps is sent to the chlorine dioxide section. Pump seal water from the hypo is sent to the cooling water sewer.

All the sanitary, process and cooling water sewers needing repairs were replaced and the remainder cleaned. All effluents high in mercury are treated for mercury removal. Studies made by Domtar's Research Centre indicated that chlorate present in the effluent increased the mercury levels in the wastewaters and made it extremely difficult to remove mercury from the liquid effluent. Changes were made to the sewer lines to try to prevent the addition of chlorate to the wastewater to be treated.

A recirculation system was installed on the storm water sewer treatment system. In the presence of oxidants such as NaOCl or $NaClO_3$, the water in the sewer is recirculated and hydrazine is added to destroy the oxidants. An oxidation-reduction potential control system automatically recycles the wastewater if oxidants are present. An alarm on the control panel indicates the presence of oxidants in the sewer.

Drainage water from around the building enters a manhole and is pumped to a settler. An oxidation-reduction potential electrode is located in this sewer; when a loss of hypo or chlorate is detected, sufficient hydrazine can be added to destroy the oxidants present. An automatic pH controller maintains the wastewaters at a pH of 11 to 11.5 with the help of NaOH. The water in the acid sewer and from the cell room is collected and neutralized. The supernatant from the settler is sampled and the flow measured using a weir. Solids removed from the bottom of the settler are sulphided and sent to the disposal area.

Mercury-contaminated solids that were not sent to the U.S. for burial, plus some contaminated equipment, were buried in a disposal pit. Appendix B provides a description and drawings of the sludge disposal area which was used between 1971 to 1977, and the sludge disposal pit that is still in use.

3.2.3 Monitoring. Test monitoring wells are strategically located around the two disposal areas to check on the migration of mercury from the disposal areas into the surrounding groundwater. Monthly samples are taken for sodium and mercury analysis.

Samples are taken from a number of points in the plant as well as from the total effluent discharge, which is the combined cooling water, process water, sanitary effluent, surface runoff and storm drainage water. The results of daily monitoring for mercury discharges from the plant are submitted to the provincial and federal environmental agencies each month.

3.2.4 Further Action in Progress or Planned.

1) A retaining wall is to be placed around the sodium chlorate storage tanks. Any leaks or overflows will be collected in a sump and recycled.

2) The system for storing the reagents and transporting the solid wastes to the sludge disposal area is to be improved.

3) The remaining piping from the plant has been cut into 1-metre lengths and placed in metal barrels. It will be forwarded for disposal in the U.S.A. The barrels will be identified with the company name and contents.

3.2.5 Conclusions.

1) The actions taken by the company to reduce mercury losses to liquid effluents have resulted in a gradual reduction over the past four years.

2) Domtar's Research Centre has evaluated a membrane filtering system to reduce losses of mercury coming from the perimeter sewer. This system has presently been set aside due to the favourable reduction in mercury losses obtained from the improvements made in 1981-82. If mercury losses increase in the future due to increased seepages and/or runoff then the membrane system or a suitable wastewater treatment system that will provide for greater flow, pH and oxidation-reduction variations should be installed as soon as possible to reduce mercury losses to liquid effluents. This system should remain in force until losses are reduced to less than 5 g of mercury per day.

3) Efforts should continue, to locate, remove and bury (in the approved burial site) soil from around the plant that contains high mercury levels.

3.3 Aluminum Company of Canada Ltd. Closed Mercury Cell Chlor-alkali Plant at Jonquière

3.3.1 Historical Operation. ALCAN's mercury cell chlor-alkali plant commenced operations in 1947 with an initial capacity of 36 tonnes/day. Subsequently a series of expansions raised the production capacity to 90 tonnes of chlorine daily (1965 onwards). Prior to 1970, mercury-contaminated brine treatment solids, cell room muds, etc., were discharged directly to sewer. Used anodes, worn-out equipment, etc., were buried in the plant's solid waste disposal area. In light of information about the dangers created by mercury discharges, action was initiated in 1970 to reduce these losses.

From 1971 to 1976 all mercury-contaminated brine treatment solids were collected in a sump, treated with sodium sulphide and impounded in two red mud ponds about 1.6 km southeast of the plant. These ponds were formed between 1940-50 to dispose of residue (iron, silicon, titanium oxides) resulting from the production of alumina from bauxite (see Figure C.1 in Appendix C). Mercury-contaminated wastewaters that could not be recycled were treated for mercury removal using Na_2S and were then filtered. The caustic produced in the plant was also filtered for mercury removal. These two dry filter cakes along with used anodes plus other solid residues contaminated with mercury were impounded in the red mud ponds. Mercury to air was reduced by the installation of a refrigeration unit and a Brinks demister unit on the hydrogen gas stream.

On June 2, 1976, the chlor-alkali plant at Jonquière ceased operations due to a strike that lasted four and one-half months. This plant never re-opened after the end of the strike, and it was decided in February 1977 to permanently abandon production. Dismantling and decontamination procedures were established in concurrence with the Québec Department of the Environment.

3.3.2 Predismantling Studies Performed. In 1977, studies were carried out by the company to determine the mercury absorption properties of red mud. The studies indicated that the red mud has certain absorption-chelating properties. To verify these conclusions, the company commissioned Couplan Inc. to study the complexing properties of mercury with red mud. Couplan Inc. studies indicated that:

i) The complexing properties reach equilibrium very rapidly.

ii) At pH 13, the concentration of ionic mercury in the water phase was about 2.5 ppm vs. 5 ppm at a pH of 10 or lower (corresponding to the initial concentration of mercury in the solution added to the red mud).

iii) At pH 13 and an initial concentration of 41 ppb mercury, the transfer of mercury from solution to solids lowered the ionic mercury in the liquid phase from 41 ppb to 11 ppb. For pH values of 7, 8, 9 and 10 the transfer of mercury from solution to solids was very weak.

iv) For mercury present in the metallic form, there was no transfer of mercury to the liquid phase at pH 13.

v) At pH 13, there is very little leaching of mercury that has been absorbed or complexed on red mud.

vi) At pH 7 there is no leaching of metallic mercury absorbed in red mud. At pH 13, there was very slight leaching (0.1 ppb).

vii) If the conditions in the ponds remain constant the concentration of mercury in the pond seepage water should remain below 10 ppb.

For these reasons the company believes that the mercury in the ponds is well stabilized. This opinion was confirmed in additional studies by Geocon Ltée which stated that:

i) The quantity of groundwater flow from pond 2 to the surrounding area is in the order of 135 to 180 m^3/d (not during the winter).

ii) The mercury concentration in the groundwater is in the order of 0.15 to 3.5 ppb.

iii) The estimated loss of mercury from pond 2, through groundwater flow, is around 0.4 g/d based on these flows and concentration.

The two red mud ponds contain over one million tonnes of red mud extending over an area of 14 hectares. Since an estimated 25 to 30 tonnes of mercury were already deposited in these two ponds and because of the complexing properties of the red mud, the company decided that the best plan was to impound the dismantled plant in this area.

3.3.3 Dismantling and Decontamination Procedures. After shutdown, the brine in the system was adjusted for pH, any residual chlorine was destroyed, and the brine was treated for mercury removal before being slowly released to the sewer.

All mercury was drained from the cells, end boxes, mercury pumps, decomposers, piping, etc., and put into steel bottles and sold to a reputable dealer. Mercury butter and other mercury-rich solids were placed in steel barrels with polyethylene liners and sold to a third party for mercury recovery.

All the brine saturators, settlers, tanks, filters, coolers, pumps, dechlorinators and lime absorbers were washed using water under high pressure and buried in the disposal area.

The equipment from the chlorine section, i.e., coolers, drying towers, booster fans, pumps, acid separators, mist eliminators, filter, acid coolers, storage tanks, calcium chloride coolers, compressors, and liquefiers, which was only slightly contaminated with mercury, was sent to the scrap yard for recuperation.

The cells, decomposers, old graphite anodes, mercury pumps, end boxes, side boxes, brine headers, soft water headers, hydrogen header, hydrogen coolers, traps, hydrogen compressor, hydrogen scrubber, hydrogen blower, HCl storage tanks, HCl absorber, caustic receiving tanks, caustic storage tanks, caustic pumps, and many miscellaneous items such as piping, valves, and hangers, were washed with water and buried under several metres of red mud in the centre of the mud ponds.

Some pieces of equipment, such as copper busbars, the titanium cooler, the emergency generator, the Freon compressor, some heat exchangers, U.S. and Fonda filters, titanium pumps, fibre glass tanks and scrubbers and several electric motors, were cleaned and sold or reused.

After all equipment was removed from the south end of the plant, the walls, roof, beams, and floor were washed using water under high pressure. The sumps were filled with gravel and capped with cement, the drains were washed out and sealed with cement and all washwaters were treated for mercury removal.

The cement pillars and the mezzanine floor in the cell room were broken and buried in the red mud ponds. The walls and roof of the old cell room were washed with water. The floor was decontaminated and washed with water. All sewers, sumps and trenches were filled and capped with cement. The tunnels under the basement floors which were used to collect and treat wastewaters were sealed with cement. The floors in both the north and south sections of the plant were then capped with about 0.5 metres of reinforced concrete. The walls in the north section were painted after being washed. The walls and ceilings in the new office space (part of the south section) were covered with material to blend into the office decor. The other section was painted after the walls and ceilings were washed.

The top 10 to 12 cm of topsoil were removed from both the east and west court yards. The storm runoff sewers were capped off and new sewers installed. An asphalt layer was then placed over the whole court yard to prevent infiltration.

The wastewater treatment and filtration system was operational until the dismantling and decontamination of the chlor-alkali plant was completed. All mercury-contaminated wastewaters resulting from this operation were treated before being discharged. The equipment used to treat the wastewaters was then buried in the waste disposal area.

Appendix C provides complete details and drawings of the mercury-contaminated material burial site.

3.3.4 Monitoring. Ambient mercury concentrations have been measured in the maintenance area, offices and court yard. The readings were well below 0.05 mg per cubic metre. Monitoring of mercury to liquid effluents is periodically carried out in the

sewers near the dismantled plant and from the waste disposal area (red mud ponds 2 and 3A). Mercury losses average from two to five grams per day.

3.3.5 Further Action in Progress or Planned. Samples of wastewaters discharged from around the dismantled chlor-alkali plant site will be periodically analysed for mercury to verify that no leaching of mercury is occurring. Samples of runoff and seepages from the waste ponds where the mercury-contaminated material was buried will be analysed periodically to ascertain that no leaching or migration of mercury is taking place.

3.3.6 Conclusions.

1) The chlor-alkali plant, which has been dismantled and decontaminated, and is now used for new office space and light mechanical maintenance, should not contribute significant mercury contamination to the environment if this area remains undisturbed. If at some future date the area is required for other activities, then the basement floor, tunnel sections and the soil under the plant will require excavation and burial in an approved landfill site.

2) The layer of top soil and grass over the two ponds should help to dry out these ponds and thus reduce runoff and seepages. If the pH of the subsurface water becomes acid, due to the leaching of acid from gypsum deposits in the pond area, then mercury leaching could become a problem that would require corrective action such as improvement to the impermeable clay dome, or an impervious wall along the perimeter of the ponds, or the treatment of the runoff water for mercury removal.

3.4 Great Lakes Forest Products Limited Closed Mercury Cell Chlor-alkali Plant at Dryden (converted to membrane process)

3.4.1 Historical Operation. Great Lakes Forest Products Ltd. chlor-alkali plant (formerly Reed's subsidiary, Dryden Chemicals Ltd.) commenced operations in 1962 with a rated capacity of 33 tonnes per day of chlorine. Prior to 1970, mercury-contaminated brine filter solids and brine sludge entered the Wabigoon River via waste streams, which resulted in the contamination of sediments downstream of the plant.

In March, 1970, a control order from the Ontario Water Resources Commission was issued directing Dryden Chemicals Ltd. to conduct in-plant modifications for wastewater recycling and for treatment of mercury-contaminated wastes.

All mercury-contaminated wastewaters that could not be recycled were sulphide treated. Sludge from the effluent treatment tanks, sludge from brine filtration, graphite from the cells and other smaller amounts of mercury-contaminated solids were mixed with concrete and sand and buried in a special disposal pit lined with polyethylene and covered with compacted clay. Mercury emissions to air were also curbed by cooling cell vent gases, the hydrogen gas stream, and other gas streams.

3.4.2 Dismantling, Conversion and Decontamination Procedures. On October 21, 1975, the mercury cell chlor-alkali plant at Dryden Ontario suspended operations. The plant was converted to an ionic membrane cell process, and re-opened on November 19, 1975.

The dismantling and decontamination of the plant was carried out in two phases. The first phase was the recovery and sale to a reputable dealer of as much mercury as possible, followed by the removal of mercury-contaminated sludges from all

tanks, sumps, trenches, etc. This sludge was mixed with sand and cement and buried in polyethylene-lined pits.

Much of the equipment in the brine circuit was reused (i.e., saturators, settlers, filters, holding tanks, dechlorinated brine tank and air degasifier), after having been cleaned using water under high pressure. All cleaning waters were collected and treated for mercury removal before being discharged. The brine heat exchanger was acid cleaned and then flushed with water. Other equipment in the brine circuit, i.e., pumps, brine receiver tank, vacuum degasifier and most piping, were replaced. With the exception of the compressor and separator, the hydrogen system was completely replaced. No changes were made to the sodium hypochlorite system; however, checks were made to ascertain that no mercury was present. New piping and drying towers were installed in the chlorine circuit. All other equipment such as the compressor, storage facilities, etc., was reused after being checked for mercury contamination. All piping from the decomposers to the caustic receiving tank, the receiving tank itself and the caustic filter were removed, cleaned and buried. The 50-percent caustic storage tank was cleaned and reused.

During the dismantling, the company recovered considerable amounts of mercury from the cells, decomposers, sumps, pumps, inlet and outlet boxes and caustic receiving tanks. Varying amounts of mercury were also recovered from the soft water head tank, caustic piping, hydrogen header, hydrogen filters, hydrogen coolers and separators, hydrogen vent, floor, trenches, and soft water lines.

The second phase entailed the decontamination of all equipment to be buried and its ultimate disposal, as well as the decontamination of items to be sold, i.e., copper busbars, motors, etc. All equipment that was not reused, e.g., cells, denuders, mercury pumps and coolers, tanks, hydrogen coolers and scrubber, piping, caustic filters, brine pumps, hydrogen header, mercury catch pots, etc., was washed with water under high pressure and buried in polyethylene-lined pits.

After all items were buried, the pits were filled with concrete, and a layer of plastic was placed over the dome and covered over with clay. One pit has a concrete bottom with a perforated hose beneath, the purpose of which is to collect any water for possible treatment, if ever required. Prior to and during the disposal activities, a representative from the Ontario Ministry of the Environment and a consultant were present to witness the proceedings. The site has test wells for monitoring for any possible groundwater contamination.

Additional steps taken to further reduce mercury losses were thorough washing and partial resurfacing of the basement floor; removal and replacement of the basement floor and top layer of subsoil from the caustic receiver tank and chlorine compressor areas; replacement of the tile-lined trench in the basement floor under the old cell room with a PVC sewer; washing and painting of some walls and girders in the cell room; and installation of new sewer lines between the chemical plant and the pulp and paper plant.

In July 1978, the causeway adjacent to the river was drained, backfilled with a high organic content fill, which should favour anaerobic conditions, and covered with an impervious clay layer followed by topsoil and grass. These protective measures should ensure that mercury from this area is not released to the river.

All the above noted steps have resulted in a substantial reduction in mercury losses from this plant as illustrated in Figure 3. Details on the disposal procedures are provided in Appendix D.

3.4.3 Monitoring. Samples of effluent discharged from the converted chlor-alkali plant and surface runoff from south of the plant are collected daily and analyzed for mercury. Mercury losses average about 3 to 4 g/d. Samples taken semi-monthly by Beak

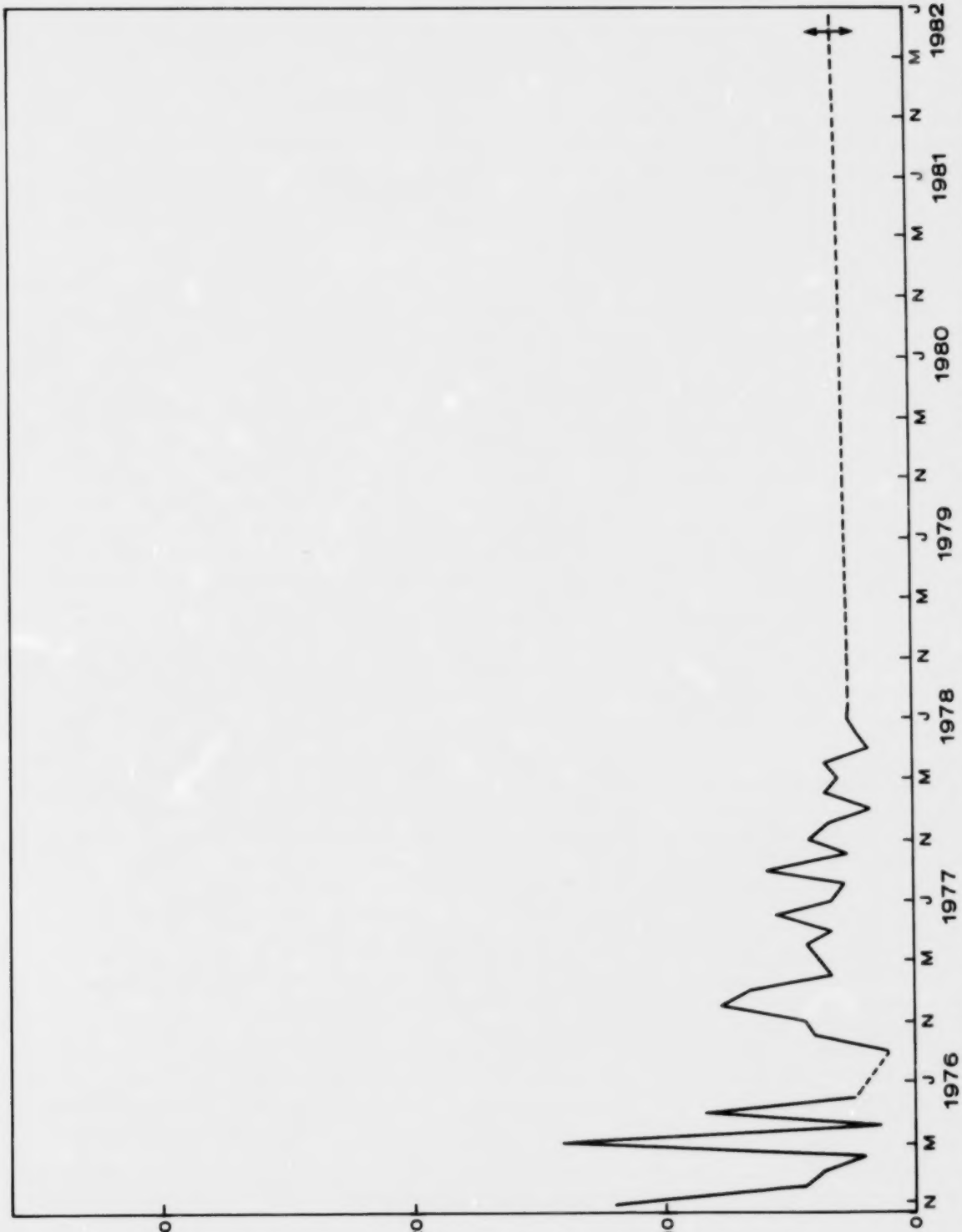


FIGURE 3 MERCURY DISCHARGED IN LIQUID EFFLUENTS FROM GREAT LAKES FOREST PRODUCTS LIMITED DRYDEN CHEMICAL PLANT

Consultants indicate an average 1982 mercury loss of 4 g/d from the chemical plant, which confirms the company's results.

Samples of seepages from the monitoring wells around the burial site are also analyzed by the Ministry of the Environment, Ontario, and by Beak Consultants three or four times per year. Mercury concentrations in the six monitoring wells has averaged around 7 micrograms per litre over the past five years.

3.4.4 Further Action Planned or Recommended.

1) The trench under the brine area has been partly replaced with PVC piping and is partly tile-lined. The company plans to eventually resurface the floor under the brine area.

2) Where possible, all old sewer lines should be removed or filled with cement, or the two ends should be plugged to prevent mercury losses due to infiltration.

3) Since the company is installing new membrane cells in the old chlorate cell room, it will be imperative that the resurfaced basement floor be kept in excellent condition to prevent mercury losses through leaching from the cement and from the soil under the floor.

4) Wastewaters from the eight sewers from the pulp and paper mill and chemical plant discharging to the causeway adjacent to the river were combined in a common header in September 1977. These effluents now go to a large clarifier. The underflow from this clarifier is vacuum filtered, and the relatively dry solids go to landfill. The filtrate is returned to the clarifier. Next year supernatant from the clarifier will go to a large, eight-day retention, aeration stabilization pond before entering the Wabigoon River.

3.4.5 Conclusions.

1) The restoration procedures used at the plant have reduced mercury losses to sewer in wastewaters and runoff discharged to around 4 g/d. This figure might decrease slowly with minor modifications in the future.

2) The mercury waste disposal area is on a small hill about 2.5 m above the water table. Plastic drain pipes have been placed under some cells and monitoring wells have been strategically placed around the burial site. To date, the migration of mercury from this area has been negligible. If need be, the seepages will be collected and treated for mercury removal.

3.5 American Can of Canada Limited Closed Mercury Cell Chlor-alkali Plant at Marathon

3.5.1 Historical Operation. American Can of Canada Ltd.'s chlor-alkali plant commenced operations in 1952 with a rated capacity of 34 tonnes per day. Prior to 1970, mercury-contaminated solids and wastewaters were discharged directly to sewer; however, since this plant used evaporated salt, the amount of solids and thus mercury discharges were less than from most plants. After 1972 the wastewaters that could not be recycled were sulphide treated for mercury removal before being discharged. From 1971 to 1977 brine treatment solids plus other solids contaminated with mercury (e.g., used

anodes) were stored in drums and buried in an approved burial site. Some mercury-rich solids were retorted for mercury recovery.

Mercury emissions to air were reduced by the direct cooling of the hydrogen gas with water. The water was then recycled to the cells and eventually used as make-up water in the denuders.

3.5.2 Dismantling and Decontamination Procedures. On August 31, 1977, American Can of Canada Ltd. closed their mercury cell chlor-alkali plant at Marathon to meet a Ministry of the Environment of Ontario control order. Huron Chemicals' sodium chlorate plant, however, remained in operation until September 30, 1982, and since both the chlor-alkali and chlorate plant used the same brine treatment equipment this section of the plant remained in operation.

Following the closure of the chlor-alkali plant the dismantling and disposal of mercury-contaminated equipment and materials from the plant was carried out in accordance with the procedures agreed upon with the Ministry of the Environment of Ontario.

Prior to the closing of the chlor-alkali plant the east salt cavity was taken out of service and cleaning and decontamination procedures were initiated. All residual brine was treated for mercury removal and then slowly discharged. Sludges containing mercury and pockets of brine contaminated with mercury were then flushed out and treated for mercury removal or placed in drums and buried in an approved burial site. This operation, which took four or five months to complete, provided mercury-free salt storage for the continuing operation of the sodium chlorate plant. All other process equipment such as the brine clarifier, clarifier pump tank, filters, brine storage and head tank were subsequently cleaned out. All mercury-contaminated sludges were placed in barrels and buried in the disposal area.

Mercury in the cells, decomposers, pumps end boxes, piping, etc., was cleaned out by circulating hydrochloric acid through each cell for at least one hour, and then draining the equipment. About 40 500 kg of mercury was obtained and placed in steel bottles. Any mercury that spilled flowed to a sump in the cell room floor. At the end of each day the floor was hosed down to wash any remaining spilled mercury to the sump. A vacuum pump with a special small diameter nozzle was used to collect small pools of mercury found in the lips of the tank covers, and on the reactors and decomposers, and to clean down into cracks around seals and between anode plates. About 3 400 kg of mercury were collected from the sump and vacuum. The total mercury collected was sold to a reputable dealer. All scrap, copper and brass was cleaned to remove mercury contamination and then sold. A concrete bunker measuring 30.5 m x 7.6 m x 3.6 m was built to contain all the cells, decomposers, inlet and exit end boxes and seals, mercury pumps and motors, brine inlet and outlet headers, end box drain header, soft water header and piping, weak and strong caustic header, caustic receiving tanks, mercury catch pots, 240 250-L drums of sludge, hydrogen cooling tower, hydrogen header, and miscellaneous piping and other scrap. This bunker was then capped and sealed with high strength concrete.

All mercury-contaminated sludges were removed from all caustic storage tanks, from the cell room trenches and sumps and from the untreated effluent sump. This sludge was placed in steel drums and buried in the disposal site. The tanks, trenches, etc. were then cleaned using water under high pressure. The wastewater was treated for mercury removal before being discharged.

The west salt chest was subsequently cleaned. The brine was treated for mercury removal before discharge to sewer, and the mercury-contaminated sludges were buried at the landfill site. Some equipment that remained in place when the plant was closed became obsolete and has also been buried in the disposal site.

After all equipment was removed from the cell room, the walls and ceilings were washed with water under high pressure, the pillars, curbing, etc. were removed; the trenches and sumps were filled with aggregate and cement; and the whole area was capped with cement. This area is now used for the dry storage of pulp.

The mercury treatment system will remain in operation, and monitoring for mercury losses from the chemical plant area will continue until the chemical plant dismantling and clean-up is complete. More complete details of the disposal area are provided in Appendix E.

3.5.3 Monitoring. Samples of liquid effluents leaving the plant site are analyzed daily for mercury levels. As shown in Figure 4, mercury losses from the closed plant are very low, i.e., about 2-3 g per day. Samples of seepages from around the mercury-contaminated burial site are taken five or six times per year. The monitoring wells north and south of the burial site are normally dry. The monitoring well west of the burial site which is 2 m deeper than the north and south wells (i.e., 25 m deep) contains only one to two micrograms of mercury per litre of groundwater.

3.5.4 Further Action in Progress or Planned. On September 30, 1982 the sodium chlorate plant suspended operations. The cells from this plant, which has a non-mercury process, will soon be dismantled and shipped from this country. The dismantling and burial of other equipment, such as the brine clarifiers, pump tank, brine filters, brine storage tanks, polysulphide tanks and other equipment will then proceed.

After all the equipment has been removed and buried or sold, the old sewers and sumps will be filled with cement and new sewers will be installed within the existing sewer trenches, eliminating the possibility of dissolving any residual mercury which might be present in the sewers. The floors will then be capped with cement.

3.5.5 Conclusions.

1) Mercury losses to liquid effluents from this plant have been low over the past four years, i.e., around 2 to 5 g per day.

2) Since this plant is situated on the shore of Lake Superior it is impossible to determine if any mercury is entering the lake via seepages. The only sure way of minimizing mercury seepages is to complete the dismantling of all obsolete equipment and restoration of the plant and surrounding area as soon as possible.

3) The mercury waste disposal site is situated in an area containing mostly fine sand well above the water table; thus no contamination of the groundwater should occur. If monitoring of the test wells does indicate mercury migration then immediate corrective action will be required.

3.6 Canadian Industries Limited Closed Mercury Cell Chlor-alkali Plant at Shawinigan

3.6.1 Historical Operation. Canadian Industries Limited's chlor-alkali plant in Shawinigan commenced operations in 1938/39 with a rated capacity of 95 tonnes per day of chlorine. From 1939 to about 1960, this plant discharged mercury-contaminated brine sludges and wastewaters directly to sewer. From around 1960 to 1970, the waste sludges were retained in a pond, but the contaminated wastewaters still went directly to sewer.

In 1970, the pond was enlarged so that both the contaminated wastewaters from the cell room floor washings, hydrogen condensate, cell washings, etc., and sludges

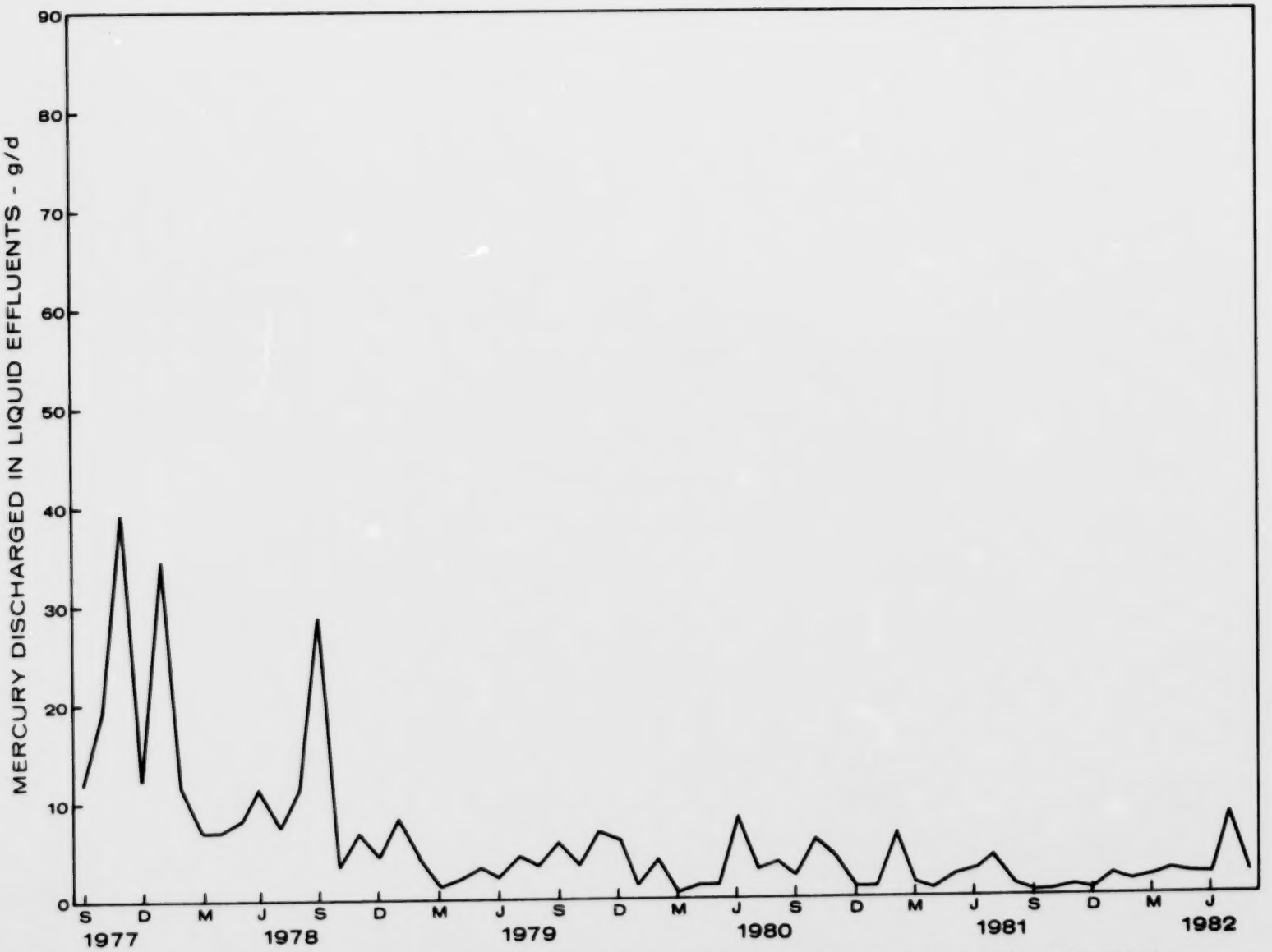


FIGURE 4 MERCURY DISCHARGED IN LIQUID EFFLUENTS FROM AMERICAN CAN'S MARATHON PLANT

could be accommodated. Studies carried out by both the company and a consultant showed that there was a 3 to 5-m layer of sand over a thick layer of clay in the pond and adjacent area. Seepages from the bottom and sides of the pond flowed parallel to the clay interface and entered the ravine west of the pond. The solids were retained and the mercury in solution was adsorbed on the brine sludges as well as on the sand and clay particles, which resulted in an effluent with a maximum mercury concentration of 0.5 mg/L.

The mercury-contaminated sludge from the pond was removed periodically and buried in an area adjacent to the pond. Other solids buried in this same area included retort solids, used carbon electrodes, graphite from the decomposers, rejected pieces of equipment, pieces of contaminated cement, etc.

Mercury in the caustic filter sludge, cell room muds, and mercury butter was recovered by retorting.

Steps were also taken to reduce mercury emissions to the atmosphere.

3.6.2 Dismantling and Decontamination Procedures. On January 29, 1979, CIL's mercury cell chlor-alkali plant at Shawinigan was closed. Dismantling of the plant and decontamination of the surrounding area was accomplished with the concurrence of the Québec Department of the Environment. Prior to closure engineering firms were commissioned to determine the extent of contamination and the suitability of a site for the disposal of all the mercury-contaminated waste and used equipment. A site at St. Boniface (about 5 km from the plant) was chosen. The site is composed of very dense clay several metres thick, with a permeability of about 10^{-7} cm/s.

Before final shutdown, the brine contained in the system was run down to minimum levels. The remaining brine was adjusted for pH and chlorine levels and then treated for mercury removal before discharge.

All mercury was drained from the cells, lines, pumps, traps, etc., and put into steel bottles. All mercury-rich solids from the cells, caustic tanks, and other equipment were retorted to recover mercury. All this mercury was then sold to a reputable dealer or transferred to another of the company's mercury cell plants.

All the equipment from the brine area, cell room, hydrogen section, caustic soda section, and chlorine area, e.g., cells, decomposers, mercury pumps and boxes, brine header, caustic header, hydrogen header, chlorine header, soft water header, coolers, pumps, brine and caustic tanks, piping, with the exception of a few expensive pieces of equipment that could be decontaminated and reused and scrap copper that was acid cleaned and sold, was buried in the St. Boniface disposal area. Before the equipment was buried, it was washed with water under high pressure to remove residual salts and mercury. These washwaters plus all other washwater, including the effluent that went to the pond, were treated for mercury removal before final discharge.

All the mercury-contaminated mud, silt, etc., in the pond, in the adjacent burial site and for about 35 m down the ravine from the pond was removed and buried in the disposal area. The sewer from the caustic finishing plant, which passed under the pond, was tied into the new city sanitary sewer. The old sewer was removed. All solids down to the clay were removed. There was a high mercury concentration at the clay-silt interface. By removing about an additional 15 cm of clay the mercury concentration dropped down below 10 ppm - the cutoff point. The new city sanitary sewer was not removed since it is still in operation; there are likely some solids with a mercury concentration greater than 10 ppm left in the vicinity of the new city sewer line. The pond area and the ravine were backfilled with clay containing no mercury, which was trucked in from the new waste disposal site (clay removed from the burial holes).

The company planned to reuse the plant buildings; however, they decided that a proper restoration program could not be accomplished without a complete knowledge of

the contaminated area. An engineering firm was commissioned to study the soil and subsurface water in the vicinity of the plant buildings. As a result of this study, it was decided to completely demolish the buildings, including all the cement floors, and bury them at the St. Boniface site. All the soil under the plant was removed down to about 30 cm into the clay layer and buried in the same site. The area where the plant had been was backfilled with mercury-free dense clay followed by top soil. This area plus the surrounding area was then levelled and seeded.

In all close to 142 000 m^3 of material containing around 23 000 kg of mercury were buried in six disposal holes at the disposal site.

New sewer lines to the workshops, warehouses, rectifier building (now storage), hypo building, caustic storage area, and the old salt storage building were installed. About 300 m of piping which had been used to carry hydrogen and HCl to a neighboring plant are buried underground. These pipes were pumped full of cement to prevent further use. More complete details of the disposal procedures are provided in Appendix F.

3.6.3 Monitoring. Monitoring for mercury losses from the restored plant site is carried out on a daily basis. As shown in Figure 5 mercury losses have been decreasing over the past three years and are presently around 2 to 7 g per day.

Studies have shown that mercury migration from the burial pits will be extremely low. There are no data available yet to show that migration has or has not taken place.

3.6.4 Further Action in Progress or Planned. Samples of water flowing towards the ravine will be analyzed monthly and the results will be forwarded to the Ministry of the Environment for Quebec. If the amount of mercury being discharged is significant and the flow can be measured a flow measuring device will be installed.

3.6.5 Conclusions.

1) Since this was a very old plant, mercury contamination of the area around the sludge pond, ravine and plant site was quite entensive. The company should be congratulated for completely restoring a potentially long-term hazardous area.

2) The confinement of mercury in the waste disposal area at St. Boniface should remain secure as the area contains very dense clay with a low permeability. Monitoring of test wells will be carried out periodically, however, to verify the security of the site.

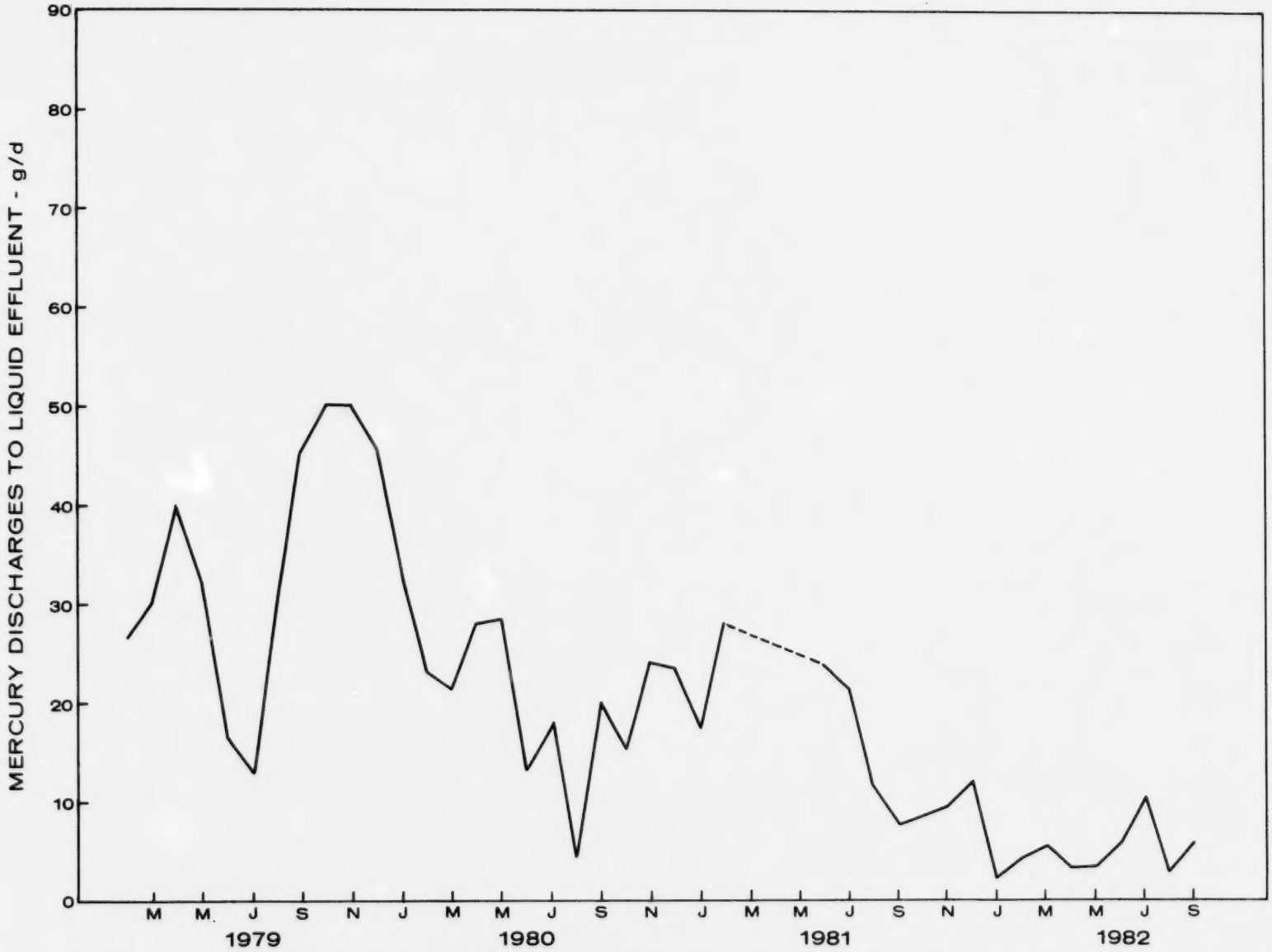


FIGURE 5 MERCURY DISCHARGED IN LIQUID EFFLUENTS FROM CIL'S CLOSED CHLOR-ALKALI PLANT AND CAUSTIC SODA CONCENTRATOR AT SHAWINIGAN

4 OVERALL CONCLUSIONS

1) As summarized in Table 1 below, all but one of the plants have been able to reduce mercury losses to the aquatic environment to levels ranging from 2 to 10 g per day. This accomplishment is remarkable considering that during the life-span of these plants, large quantities of mercury escaped through the cell floors, to the sewer systems, and to the atmosphere which resulted in mercury contamination of the topsoil for large areas around the plants.

TABLE 1 SUMMARY OF PRESENT MERCURY DISCHARGES FROM CLOSED MERCURY CELL PLANTS AND COSTS INCURRED TO RESTORE SITES

Plant Site	Average Daily Mercury Discharges to Liquid Effluents from the Chemical Plant Site (grams/day)	Costs Expended to Restore Site and Contain Mercury Wastes	Future Costs
Lebel-sur-Quévillon	26	$0.51 M	$0.17 M
Jonquière	2-5	$3.2 M	$0.3 M
Marathon	2-5	$0.4 M	--
Dryden	4	$0.10 M	$0.03 M
Saskatoon	1-5	$0.35 M	$0.05 M
Shawinigan	7	$3.5 M	--

2) Current liquid effluent from all closed and converted chlor-alkali plants has lower mercury content (2-10 µg/L) than the treatability (20 µg/L) and best practical control technology limits for the sulphide precipitation/filtration process.

3) As noted in Table 1, the companies have expended large amounts of capital to restore their plant sites. This approach of permanently removing the contaminant at the source rather than treating any effluent and runoff for mercury removal will prove to have better cost-benefit advantages. The companies should, however, continue to monitor their sites to detect small areas of relatively high mercury deposits which are responsible for continuing low mercury releases and/or mercury migration from secured areas.

4) In the dismantling and decontamination of mercury cell plants, each case is site specific, and the costs involved to restore a site can vary significantly, depending upon many factors such as the extent of mercury contamination, whether both the plant and buildings are dismantled and buried or the buildings are to be used for other purposes, whether conversion is planned, etc. As shown above, costs varied

from around $150 000 for a plant that converted to a non-mercury process to $3 500 000 for a plant where complete restoration involved the removal and burial of 142 000 m^3 of contaminated material (including the equipment, buildings, etc.) and backfilling with mercury-free soil.

5) No standard procedures can be established for the dismantling and restoration of a plant site; however, many salient procedures that should be considered follow:

- Special care should be taken to protect the health and safety of workers. High standards of personal cleanliness should be maintained. Workers should be temporarily removed from possible contact if mercury in urine rises above the normal permitted.

- No burning of mercury-contaminated metal should be permitted and hand tools should be used whenever cutting is necessary.

- The cellroom should be ventilated and the atmosphere continuously monitored for mercury.

- Special emphasis should be placed on the prevention of spills and prompt cleanup action should be taken.

- Before final shutdown, the brine in the system should be run down to minimum levels, treated for pH and chlorine levels, followed by treatment for mercury removal, before final discharge.

- The mercury and a hydrochloric acid solution should be circulated through the cells to reduce the sodium content of the mercury. The mercury should then be drained from all cells, lines, pumps, traps, etc., bottled and sold to a reputable dealer.

- A vacuum pump with a small-diameter nozzle should be used to vacuum up small pools of mercury and remove mercury found in lips of tank and cell covers, in cells, decomposers, pumps, etc., and to vacuum down into cracks around seals, between anode plates and floor cracks.

- At the end of each shift, after the floor has been hosed down, all mercury collected in the cellroom floor sumps should be collected and bottled.

- Thick mercury should be collected, treated and bottled or drummed and sold to a reputable dealer for mercury recovery.

- Solids rich in mercury should be stored for mercury recovery or placed in drums and buried in an authorized area.

- All mercury-contaminated equipment should be washed with water under high pressure, then buried in the authorized area.

- All water used during the dismantling and decontamination procedures should be treated for mercury removal before being released. The treatment system should remain in place until all work is finished and mercury losses are less than 10 g per day.

- If any tanks are to be retained (caustic storage, brine, etc.) they should be thoroughly cleaned before reuse.

- Any mercury-contaminated sludges rich in brine should be placed in drums containing a liner, salt and chloride resistant. These drums should be buried in a separate section of the burial site.

- After all the equipment has been removed, the walls and ceilings should be washed with water under high pressure.

- The operational floor should be removed and buried. The basement floor should be examined for cracks or broken areas if the building is to remain intact. Concrete should be broken away and removed until a solid footing is reached. A new layer of concrete should be poured up to the existing level. All sewers and sumps should be filled and capped and new sewer lines installed. Preferably, a new floor with a mininum of 15 cm thickness should be poured over the entire cellroom floor.

- The burial site should be in a remote clay area away from any private or public water supplies. Test wells should be strategically located around the burial site.

- A cement pit should be built to hold the equipment from the cell room. This tomb should be built below the frost line and should be built to withstand local earth tremors or faulting.

ACKNOWLEDGEMENTS

The author is grateful for the assistance so freely provided by all company plant managers and their staff in providing technical information on their plant closure proceedings.

Thanks are also due to provincial environmental personnel, EPS Regional personnel and company personnel who reviewed this report and provided corrections and comments.

Special thanks is also given to D. Wayne Bissett of EPS Headquarters who offered guidance and suggestions during this program.

Acknowledgement and appreciation is also given to Vicky Jones, who edited the report, to the EPS Word Processing Unit for their efforts in the processing of drafts and necessary revisions, and to the drafting division for the layouts.

APPENDICES

APPENDIX A DISPOSAL SITE AND PROCEDURES - SASKATOON CHEMICALS

In 1974 consulting engineers were engaged to locate a suitable site on company property for the disposal of some brine treatment solids and contaminated soil from the toe of the river bank just down stream of the plant's effluent discharge point. The investigation included soil sampling, test drilling and permeability testing as noted below.

Site Testing

Twenty-five 12.7 cm diameter test holes were drilled to a depth of 2.4 to 6.5 m. Two holes were drilled to a depth of 27.7 and 32 m, and the subsurface strata was checked by measuring the electrical resistance at different levels. Test hole drill logs were prepared describing their locations and the relative positions of the various soil strata encountered.

An examination of the cross-sections indicated that the site was overlain by about 15 cm of organic topsoil followed by alluvial deposits. This alluvial deposit consists of silty sand and/or silty, sand clay which extends to a depth of 1.7 m in the area just north of the pit. The alluvial deposit is underlain by glacial clay till which extends to a depth of at least 3.6 meters. The clay fill matrix is rich in clay containing from 20 to 55 percent silt and clay sizes particles. This stratum extends to a depth of about 9.1 m west of the site to 6.1 m east of the site.

When the test drill was completed, field permeability tests were conducted. The test results indicated that the permeability coefficient of the glacial till was between 6×10^{-6} and 1×10^{-4} cm/s. The majority of the results were in the order of 3×10^{-5} cm/s. There appeared to be no variation of permeability with depth within the glacial till. (The property of a soil that permits the movement of water through the soil is called permeability. The ratings are as follows: impervious, 1×10^{-6} cm/s; semipervious, 1×10^{-6} to 1×10^{-4} cm/s; pervious, greater than 1×10^{-4} cm/s).

Design of Sludge Disposal Pit

1) The organic topsoil was stripped and saved for future landscaping.

2) The disposal pit was excavated to a depth of about 2 m.

3) The keyway was excavated and the dykes constructed to enclose the disposal pit. The keyway and dykes were scarified to a depth of 30 cm, about 1 percent bentonite added, then mixed and compacted in two lifts to at least 95 percent of standard Proctor density.

4) Monitoring equipment, consisting primarily of a drain pipe embedded below the scarified and compacted section of the pit, was installed. The excavated trenches around the monitoring equipment were compacted.

5) Subsequent to the excavation and construction of the keyway, the base of the pit and pit sidewalls were scarified to a depth of 30 cm, pulverized, and water was added to achieve a moisture content to meet ASTM designation D-698-70 requirements. One percent dry bentonite was added and mixed uniformly. The mixture was then compacted in two 15 cm lifts to an average density of 95 percent of standard Proctor density.

6) The pit was then lined with 7.6 cm of compacted Northern Saskatchewan peat moss.

7) The mercury-contaminated sludge was then placed in the pit.

8) Fifteen centimetres of loose peat moss was then placed over the sludge followed by 0.3-0.9 m of earth fill and 10 cm of organic topsoil. The landscaped area was then seeded with a hardy grass.

When the plant was converted to the membrane process in 1978, mercury-contaminated equipment plus some sludges had to be disposed of. Since this material was virtually dry it was decided to dispose of the material at the existing sludge pit. The contaminated material was disposed of over a central area of approximately 35 by 80 m as shown in Figure A.1

Burial of Dismantled Plant Equipment

1) The organic topsoil over a central area of 35 by 80 m was removed from the existing sludge pit as shown in Figure A.1.

2) Most of the existing soil cover from this area was then removed.

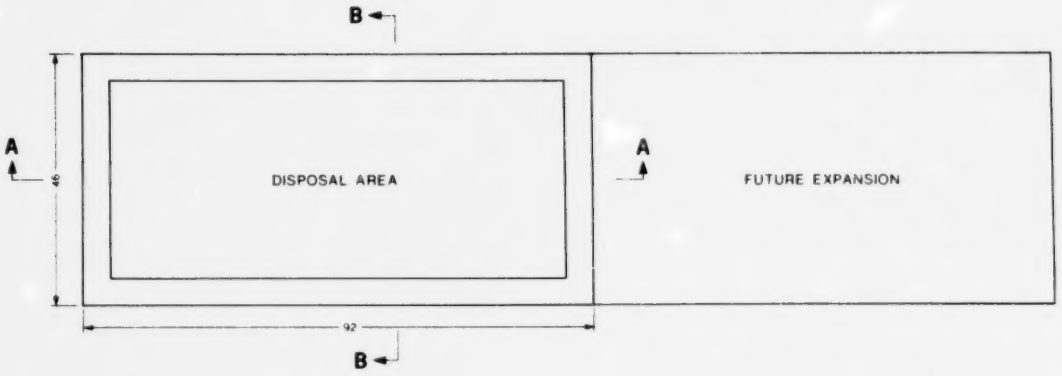
3) The brine header, cells, decomposers, inlet boxes and seals, end boxes and drain header, soft water tank, soft water headers and piping, mercury pumps and motors, chlorine gas header up to the coolers, hydrogen header, hydrogen cooler and piping, brine outlet header, hydrogen vent stack, caustic receiving tanks, caustic filter and piping, condensate lines, mercury pots, end box vent piping and coolers, anode adjusting stands, cell room floor plus some soil from under the cell room area, miscellaneous piping and valves, etc. were placed in the pit followed by sand such that all voids were filled with sand.

4) Fifteen centimetres of loose depth peat moss was added to the entire area, followed by 0.6-0.9 m of earth fill and 10 cm of organic topsoil. The area was then seeded with a hardy grass.

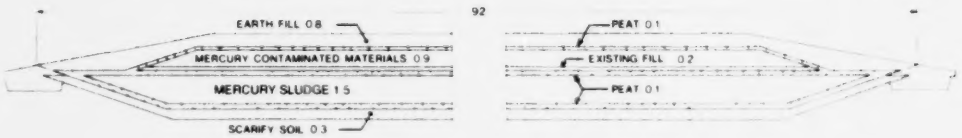
5) A four-strand perimeter fence was placed around the entire area.

Leachate Monitoring

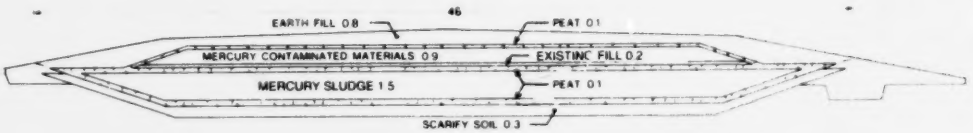
A number of both shallow and deep monitoring wells were placed around the perimeter and under the disposal pit as shown in Figure A.2.



Plan



Section A - A



Section B - B

NOTE ALL MEASUREMENTS ARE IN METRES

FIGURE A.1 DISPOSAL OF MERCURY-CONTAMINATED MATERIALS, PRINCE ALBERT PULP CO. LTD., SASKATOON CHEMICAL DIVISION

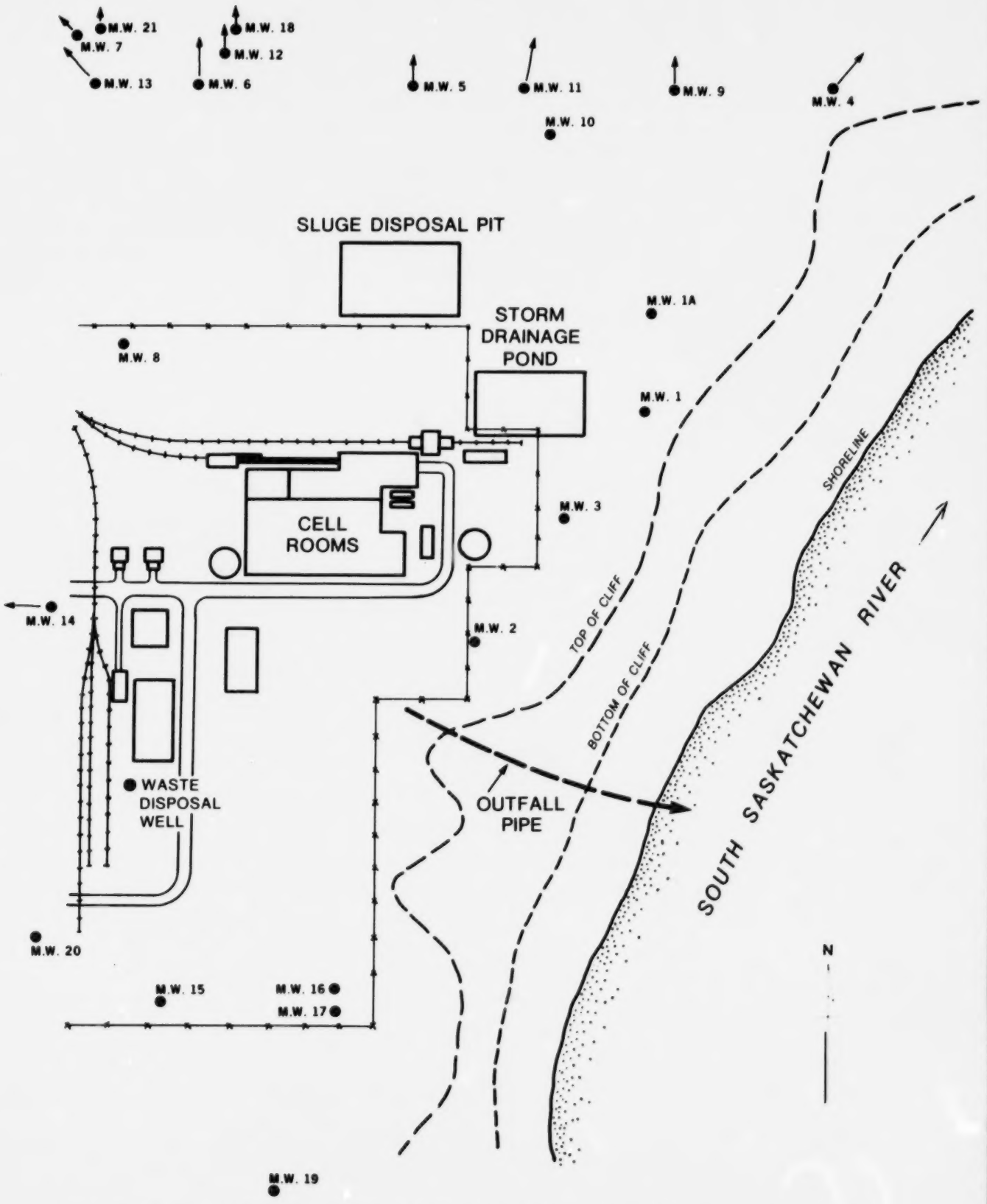


FIGURE A.2 GROUNDWATER SAMPLING LOCATIONS, SASKATOON CHEMICALS

APPENDIX B DISPOSAL SITE AND PROCEDURES - DOMTAR INC.

In 1970, when the severity of the mercury problem unfolded, Domtar ceased discharging mercury-contaminated brine treatment solids into the sewer system (Figure B.1) and directed these solids to a temporary impoundment lagoon. In 1971 a cement pit was built and the mercury-contaminated solids were sent there. The solids were filtered, the filtrate being recycled while the relatively dry filter cake was buried in a disposal area.

The sludge disposal area is located in an old abandoned sand/gravel pit on company property. An area approximately 100 m by 130 m was enclosed by a perimeter dyke of sand and gravel (see Figure B.2), which extended approximately 2.5 m above the surrounding ground level. The surface of the sludge in the pit is about 0.75 m below the crest of the perimeter dyke.

Between 1971 and 1977 brine treatment solids, saturator solids, water treatment solids, waste anodes, caustic filter solids and cell room muds were buried in this area. Lime was spread on the ground and the sludge and solid materials were lplaced on the lime blanket. This lime blanket was added to keep the sludges at an alkaline pH.

In 1977 a decision was made to close this sludge burial area. The abandonment procedures are noted below.

1) The surface of the material covering the sludge in the burial site was levelled and the top of the existing dykes were removed to the level of the top surface of the pit as shown in Figure B.2.

2) Ten centimetres of sand were placed on top of the levelled sludge pile and dykes followed by one metric tonne of elemental sulphur. The surface was then raked to thoroughly mix the sulphur with the sand.

3) Clay was then placed on top of the sand/sulphur layer to a minimum thickness of 60 cm and the surface was sloped from the centre to achieve a cross slope of about 1 percent. The clay was placed and compacted in layers not exceeding 30 cm in thickness. A compaction of 95 percent standard Proctor was used. The clay used for the impervious layer was local brownish-grey clay free from top-soil and organics.

4) The surface of the clay is protected by a 30-cm layer of sand and gravel.

5) A 7-cm layer of topsoil with seed and mulch treatment was added on top of the sand and gravel layer.

6) Three test wells, as indicated on Figure B.3, were installed near the south end of the sludge burial area. The groundwater flow is from north to south. Periodical samples of groundwater are taken from the wells for analysis to determine whether mercury is seeping into the groundwater.

In 1977 a new sludge disposal area about 400 m east of the plant was constructed in a clay deposit. Details of construction of this sludge pit and liquid compartment are shown in Figure B.3. A Hypalon membrane liner was installed in both the sludge pit and liquid compartment. All mercury-contaminated solids were sulphided to stabilize the mercury before being deposited in the sludge pit. When the plant has been completely decontaminated and liquid effluent no longer requires treatment for mercury

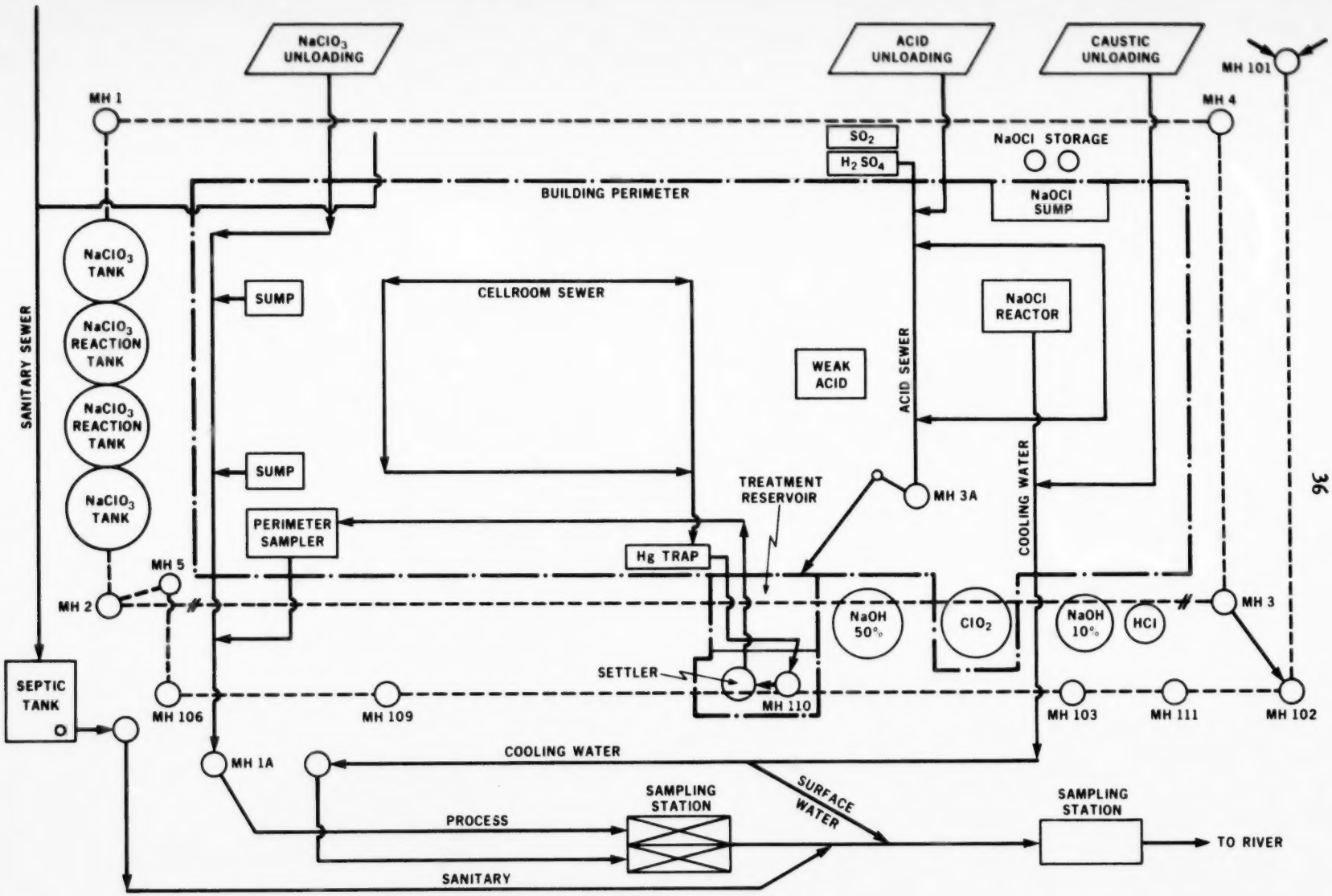
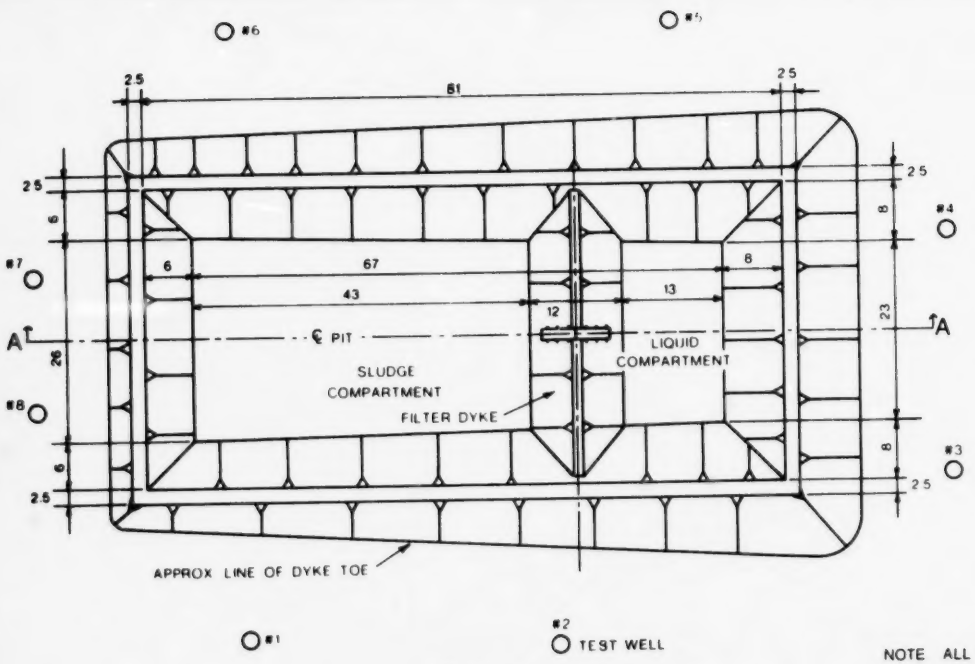
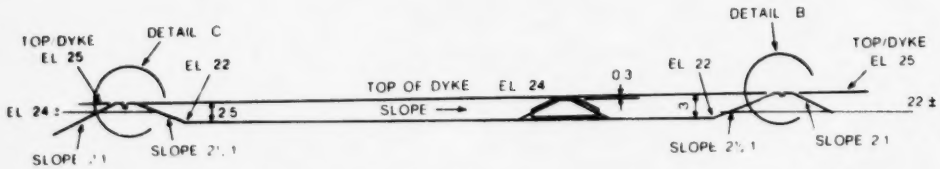
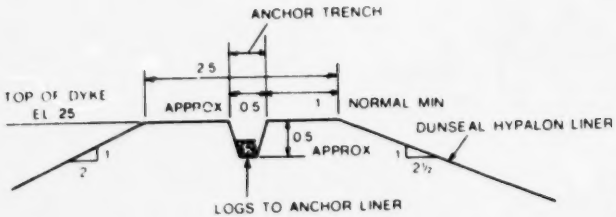


FIGURE B.1 SEWER SYSTEM - DOMTAR CHEMICAL PLANT - QUÉVILLON

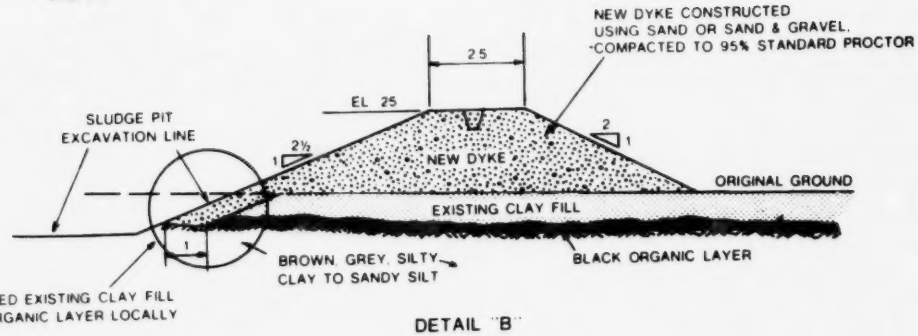




SECTION "A-A"

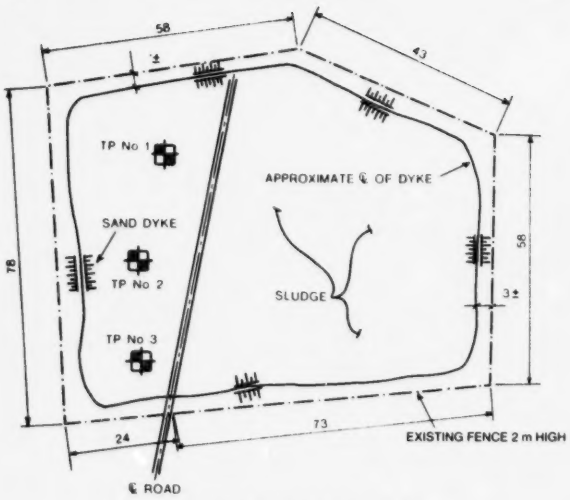


DETAIL "C"
TYPICAL ALL AROUND TOP OF DYKE

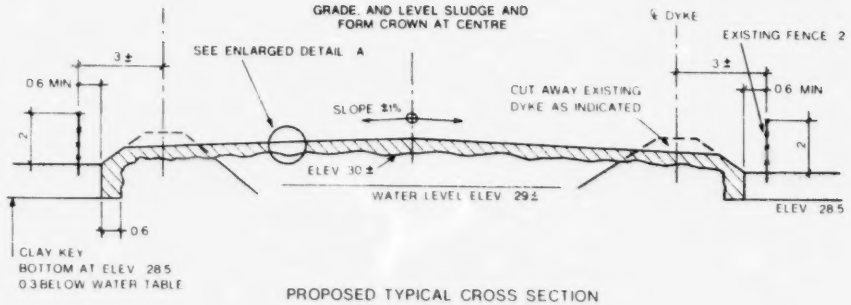


DETAIL "B"

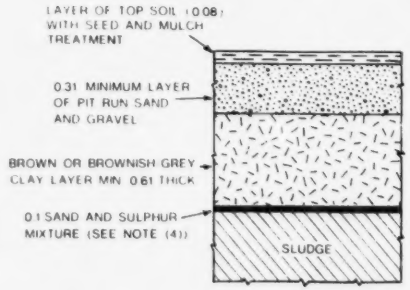
FIGURE B.2 DOMTAR'S MERCURY CONTROL MEASURES - ABANDONED SITE



EXISTING SLUDGE PIT - PLAN

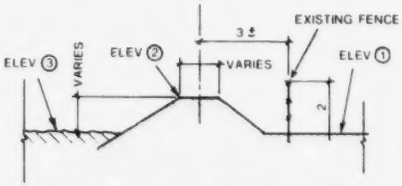


PROPOSED TYPICAL CROSS SECTION

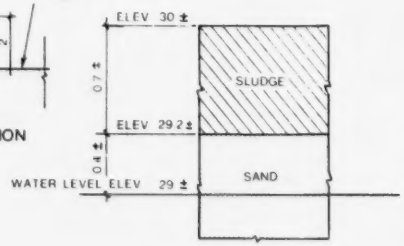


DETAIL "A"

NOTES
1. CLAY USED FOR THE IMPERVIOUS BLANKET SHALL BE LOCAL BROWN OR BROWNISH-GREY CLAY, FREE FROM CONTAMINANTS SUCH AS TOP SOIL, ORGANIC MATERIAL, ETC.
2. THE CLAY SHALL HAVE A MINIMUM THICKNESS OF 0.6 METRES AND THE SURFACE SHALL BE SLOPED FROM THE CENTRE TO ACHIEVE A CROSS-SLOPE OF ABOUT 1%. THE CLAY SHALL BE PLACED AND COMPACTED IN HORIZONTAL LAYERS NOT EXCEEDING 0.6 IN THICKNESS. A COMPACTION OF 95% STANDARD PROCTOR IS CONSIDERED SATISFACTORY.
3. THE SURFACE OF THE CLAY SHALL BE PROTECTED WITH A 0.3 m LAYER OF PIT RUN SAND AND GRAVEL. FINAL PROTECTION SHALL COMPRISE A LAYER OF TOP SOIL WITH SEED AND MULCH TREATMENT.
4. AFTER THE SLUDGE SURFACE HAS BEEN ROUGH LEVELLED, PLACE A 0.1 m LAYER OF SAND ON THE SLUDGE AS INDICATED ON DETAIL "A". ONE METRIC TONNE OF SULPHUR SHALL BE PLACED OVER THE SLUDGE PIT AREA. THE SURFACE SHALL THEN BE THOROUGHLY RAKED TO MIX THE SULPHUR WITH THE SAND.



EXISTING TYPICAL CROSS SECTION



TYPICAL SECTION
(TEST PITS No 1, No 2, No 3)

NOTE: ALL MEASUREMENTS ARE IN METRES

FIGURE B.3 DOMTAR'S MERCURY CONTROL MEASURES - EXISTING SITE

removal, the area will be capped with an impermeable layer similar to that shown in Figure B.2.

The test wells surrounding the disposal area will be sampled and analyzed for mercury on a regular basis.

APPENDIX C DISPOSAL SITE AND PROCEDURES - ALUMINUM COMPANY OF CANADA LIMITED

The waste disposal area comprises two old red mud ponds formed in 1940-50 to dispose of residue resulting from the production of alumina from bauxite (see Figure C.1). The ponds contain over one million tonnes of red mud extending over an area of 14 hectares. About 85 percent of the red mud deposited in this area will pass a 325 mesh screen. When the mud was deposited in the ponds the coarser particles were deposited nearest the dykes, which were made out of clay, gravel and gypsum. The fine particles settled in the centre of the pond which is still in a semi-fluid state. The bottom of the pond is clay and rock.

Much of the sulphide-treated mercury deposited in these ponds between 1971 and 1976 was discharged near the inside dyke (the dyke between ponds 2 and 5); however, the sulphide-treated sludges and equipment from the dismantled plant were buried near the centre of the ponds.

As previously noted, studies were carried out to determine the absorption properties of mercury with red mud. The Company's and Couplan's studies indicated that the red mud has certain absorption and complexing properties. For these reasons the company believes that the mercury in the ponds is well stabilized.

Burial Procedure

After being dismantled, the equipment along with barrels of sludge was loaded onto trucks. These trucks were met at the plant gate by the local police. The police escorted the truck to the burial site and remained until all the equipment was embedded in the pond. This procedure was followed for all truck loads.

At the ponds a crane with a bucket and ball excavated holes about 13 m long, 7 m wide by 5 m deep. The equipment, if need be, was broken and smashed with the ball and then lowered into the hole. Any small pieces were pushed into the hole by a loader. At the end of the day another hole was excavated using the red mud removed to cover the buried material with a layer at least 1 m thick.

After all the contaminated material was embedded in the ponds the total surface was gradually covered with one to three metres of coarse sand obtained by cyclone separation of the dredged red mud from neighboring pond 5. The surface was then levelled, clay and topsoil are being added and graded as shown in Figure C.2. Finally the area will be seeded with grass (1983-84). Drainage from the surface of the ponds is directed through stream B.

As a result of geotechnical studies by Geocon Ltée., a weakness in the north dyke of pond No. 2 was detected. This dyke was reinforced during 1982.

Twenty monitoring wells installed by Geocon to study losses of mercury via groundwater flows from ponds 2 and 3A are kept in good condition and are periodically sampled to detect any migration of mercury. Mercury in the groundwater from these wells averages around 0.3 micrograms per litre.

Samples of surface runoff and seepages are also sampled on a regular basis. Mercury concentrations in this runoff/seepage water averaged 1.4 µg/L for May, 5.0 µg/L for June, 2.4 µg/L for July, 6.4 µg/L for August, 3.4 µg/L for September and 0.8 µg/L for October 1981 for a total loss varying from 2 to 4 g per day. After the ponds are covered with sand, impermeable clay and topsoil, mercury evaporation from the pond surface should be reduced by a factor of 20.

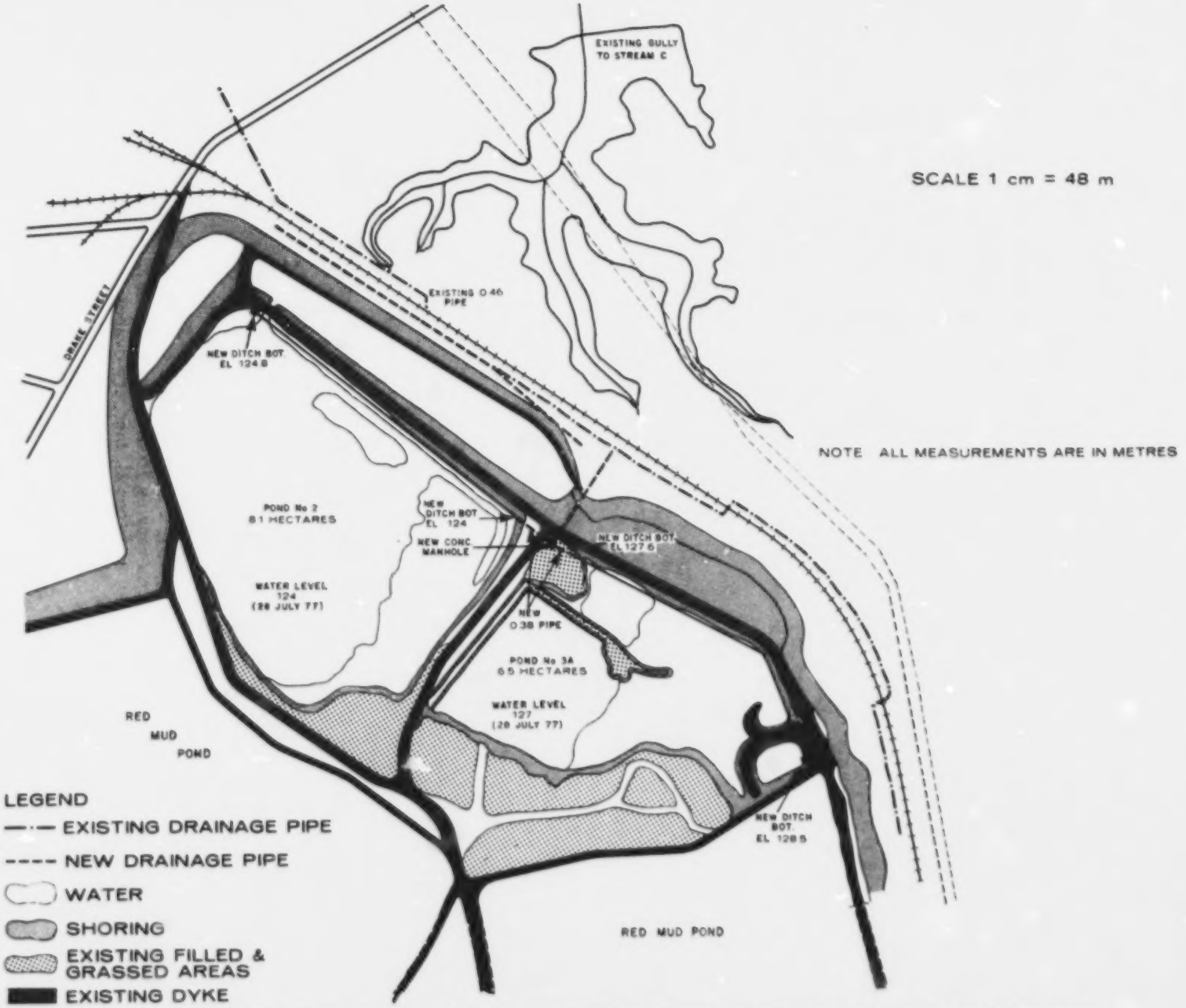


FIGURE C.1 RED MUD PONDS No. 2 AND 3A. ENVIRONMENTAL RESTORATION SEALING OF PONDS - PLAN VIEW, ALCAN LTD.

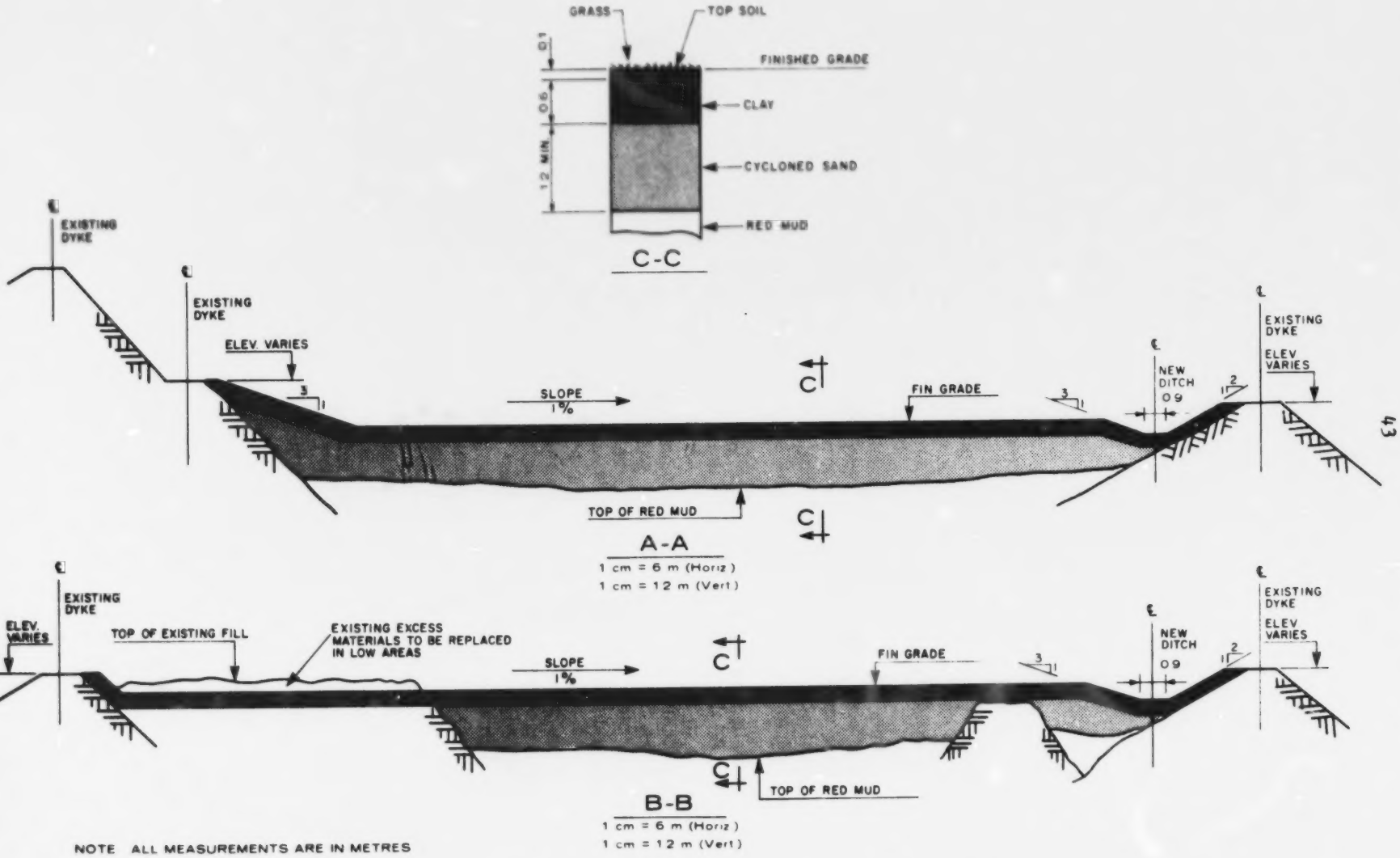


FIGURE C.2 RED MUD PONDS No. 2 AND 3A. ENVIRONMENTAL RESTORATION SEALING OF PONDS - ELEVATION VIEW, ALCAN LTD.

APPENDIX D DISPOSAL SITE AND PROCEDURES - GREAT LAKES FOREST PRODUCTS LIMITED

In 1970, when Dryden Chemicals Ltd. (the owners at that time) were instructed to reduce mercury losses to the environment, a suitable location for the disposal of mercury-contaminated material was needed. A suitable site was chosen where the earth formation has a relatively low permeability and high sorption capacity, and the water table is sufficiently below the bottom of the pits to allow some interaction between the sediments and any seepage that may occur. This site is in the township of Van Horne, District of Kenora and is on company property, which facilitates monitoring and ensures security.

The pits were excavated as shown in Figure D.2. A 5-mil polyethylene liner was installed, followed by the sludge. A polyethylene lining was then placed on top of the sludge, followed by a layer of compacted clay. If the mercury-contaminated material was placed in barrels or bags no polyethylene lining was placed in the pits; however, a 2-cm UNX plastic drain tubing was installed under each pit for monitoring purposes. Between January 1971 to June 1975 about 2 720 m^3 of material were buried in holes 1, 1A, 2, 2A, 2B and 3 as noted in Table D.1.

If sludge was being buried, it was stabilized by mixing it with cement and sand. One hundred and twenty kilograms of portland cement plus 235 kilograms of sand for each cubic metre of mixer capacity were first placed in a mixer. The mixer was then filled with sludge and the batch was mixed in transit and dumped into the plastic-lined pit at the site. If barrels were used, the cement, sand and sludge were mixed in the barrel and allowed to harden overnight before burial.

Prior to October/November, 1975, when the mercury cell plant was being dismantled and decontaminated, a pit 21 m x 6 m x 3.7 m was excavated. A plastic drain pipe was installed in the bottom followed by 30 cm of sand plus 20 cm of cement. Into this pit was placed all mercury cells, horizontal and vertical decomposers, vacuum degasifier, hydrogen cooler, scrubber, packing and header, mercury motors, caustic receiving tanks, cell lift frame, catwalk frames, caustic piping, other miscellaneous piping, etc. A total of 216 m^3 of concrete was then poured over the equipment (a 30 cm cap) followed by a plastic layer and a capping of compacted clay.

All other equipment from the plant, e.g., drums of sludge, mercury pumps, caustic filter, hydrogen vent stack, cell room floor, drying towers, water and gas headers, brine inlet and outlet headers, end boxes and seals, vent piping, weak and strong caustic headers, hydrogen piping, hydrogen coolers, decomposer covers, hydrogen scrubber, vacuum pot, mercury catch pots, miscellaneous pipes, etc., were placed in a 30 m x 6.7 m x 2.7 m pit which was plastic lined. A cement cap was poured over the equipment followed by a plastic layer and a capping of compacted clay. The total volume of material deposited in pits 3A and 4 was 1 000 m^3.

Subsequent to the plant closure, about 535 m^3 of sludge from the clarifier, river bottom, saturator dregs plus general plant clean-up along with 57 drums of sludge and a steel tank have been buried in pits 4A, 5, 5A, 6, 6A, 7 and 8. Pit 5A which contains clarifier and river bottom sludge was completely encased in a cement dome. Plastic liners were utilized in the other pits.

In 1981 all pits were covered over with clay and levelled. The location of all pits and of the six monitoring wells which were strategically located around the burial site, are shown in Figure D.1.

TABLE D.1 RECORD OF SLUDGE BURIAL AT DRYDEN

Cell No.	Date	Volume m^3	Elevations (m) Bottom of Sludge West	Bottom of Sludge East	Top of Sludge West	Top of Sludge East	Top of Fill West	Top of Fill East	Remarks
1	Jan. Apr. 71	283	370.03	369.72	371.40	371.39	373.38	373.29	Sludge mixed with cement and sand.
1A	Jul Aug. Nov. 71	446	369.42	369.11	371.25	371.24	373.01	372.72	67 barrels of sludge - 14 m anodes - 159 kg cement & 318 kg sand added per m^3 of sludge (this hardened overnight).
2	Oct. 72 Jan. June 73	637	369.87	369.57	372.47	372.47	373.38	373.53	170 barrels of anodes - 4 BBl of Quillon-C, 6 23-kg bags-Buson-881 - 115 m^3 of salt - 15 m^3 loose anodes.
2A	Oct. 73 Mar. May 74	553	369.87	369.72	372.74	372.58	373.78	373.44	50 barrels of anodes.
2B	Aug. Nov. 74	334	369.57	368.96	372.00	371.39	373.10	372.44	200 barrels of anodes, 107 m^3 of salt.
3	Dec. 74 June 75	467	369.87	369.72	372.47	372.46	373.33	373.50	Sludge mixed with cement and sand.
3A	Jul. 75 Mar. 76	669	369.72	369.57	372.31	372.31	373.35	373.10	250 barrels anodes, 17 truck loads scrap, 46 m^3 concrete, 69 m^3 gravel
4	Oct. 75 Nov. 75	333	Top of 20-cm slab 370.12	370.09	Top of 30-cm concrete cap 372.46	372.40	373.20	373.32	38 m^3 sand-bottom, 27 m^3 cement (20-cm slab), 20 HG cells 2 NaOH tanks, 1 degasifier system minor scrap piping 153 m^3 cement (30 cm cap).
4A	June 76 Apr. 77	430	369.57	369.57	362.46	372.44	374.00	374.00	580 m^3 of sludge with sand and concrete added.
5	Apr. 77 May 78	841	369.57	369.42	372.40	372.47	374.00	374.00	840 m^3 of sludge with sand and cement added.
5A	Sept. 77 May 78	363	369.42	369.27	372.62	372.74	374.00	374.00	(Reed Tech. Clarifier) 230 m^3 river bottom (30% bark, 40% rock, 30% sand) 133 m^3 concrete (30 cm concrete bottom, sides and cap).
6	May 78 May 79	646	369.27	369.27	372.62	372.62	374.00	374.00	646 m^3 of sludge with cement and sand added.
6A	May 80 May 81	505	369.27	369.27	372.62	372.62	374.00	374.00	430 m^3 of saturator dregs, 57 205-L drums of sludge.
7	May 79 May 80	672	369.11	369.11	372.16	372.16	374.00	374.00	107 m^3 of saturator dregs, 565 m^3 of sludge (with sand and concrete)
8	June 81 Dec. 81		368.96	368.96	372.00	374.00	372.00	374.00	7.3 m DIA x 3 m high empty steel tank filled with clay.

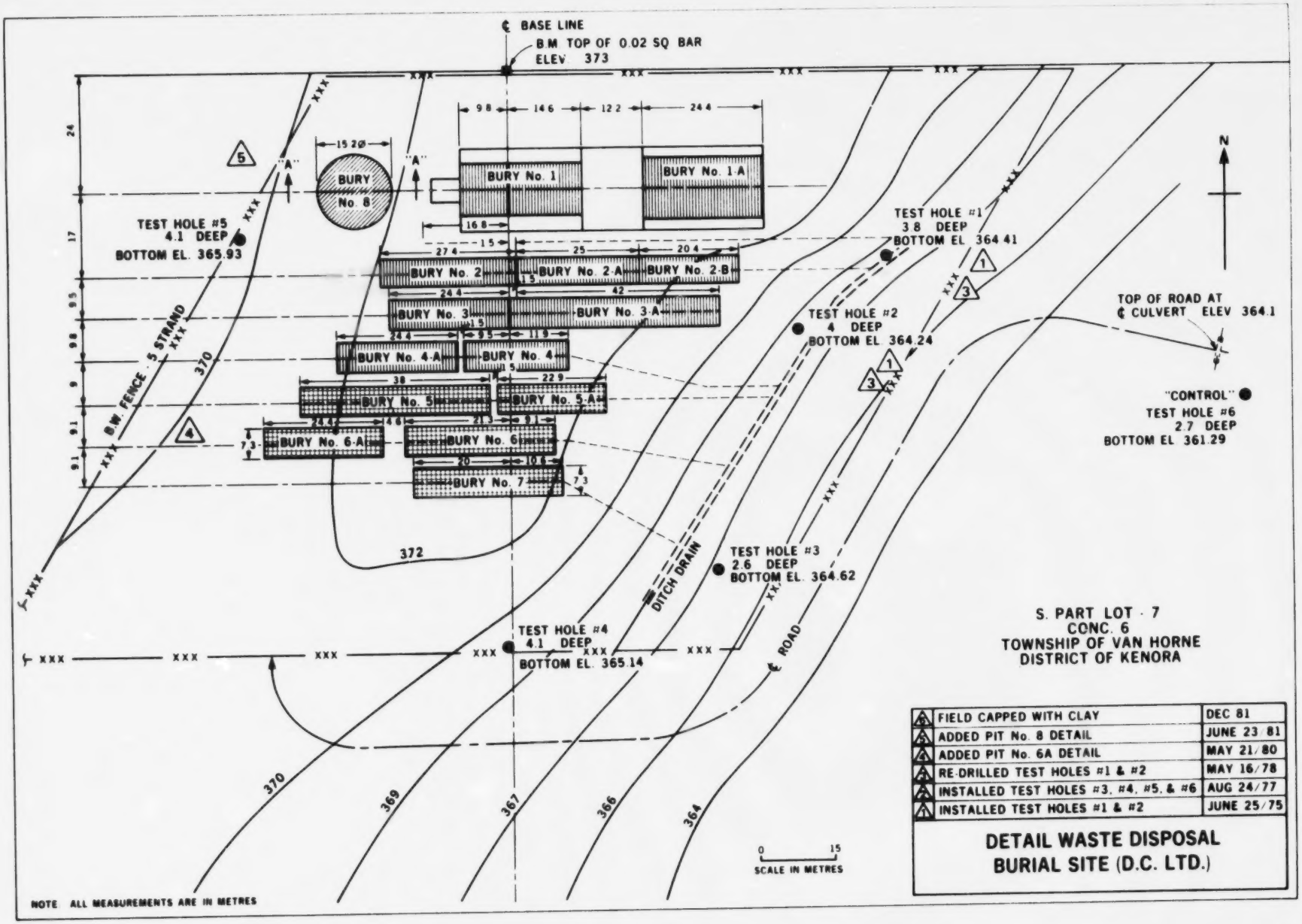


FIGURE D.1 DETAIL WASTE DISPOSAL BURIAL SITE - GREAT LAKE FOREST PRODUCTS LTD., DRYDEN

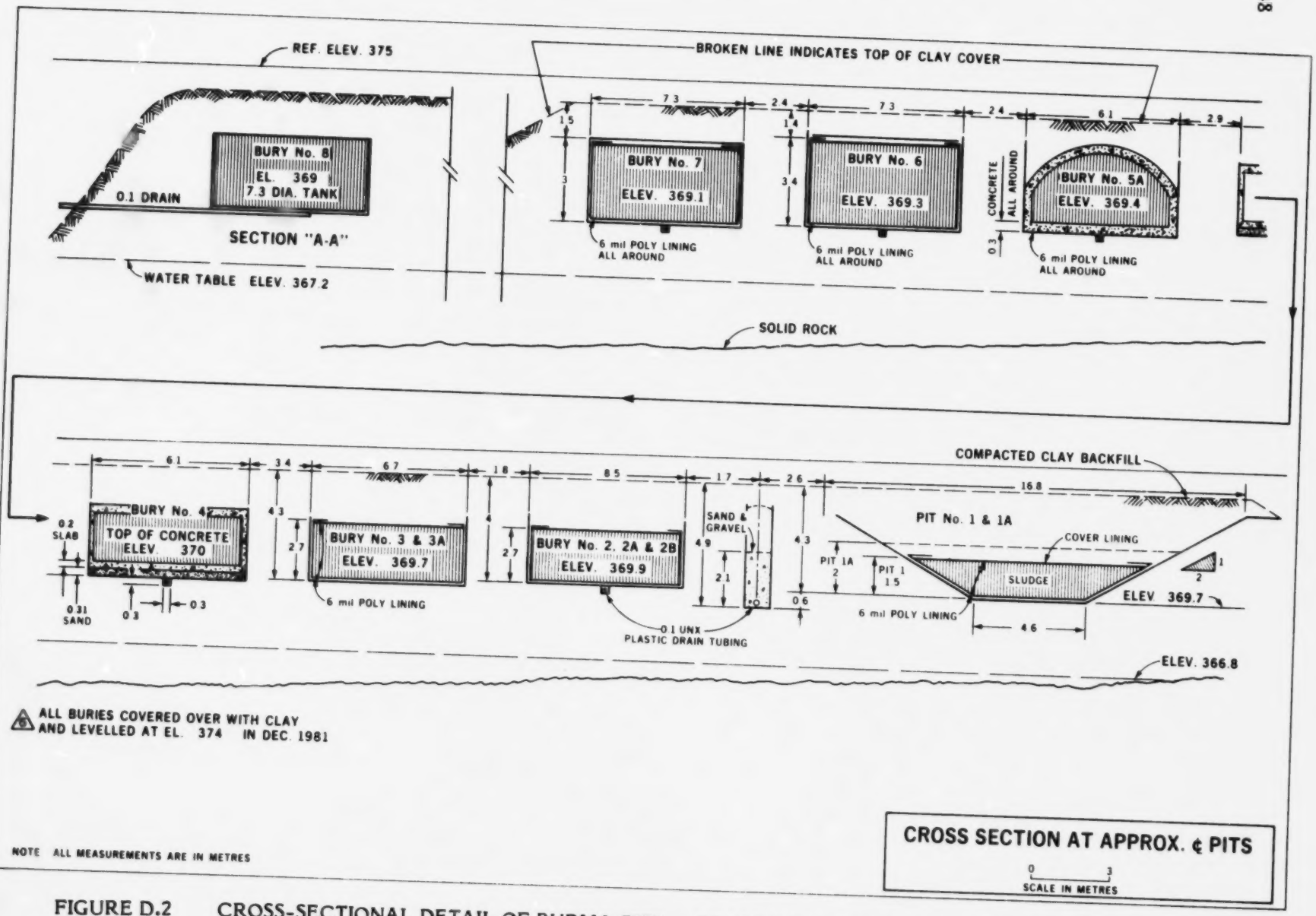


FIGURE D.2 CROSS-SECTIONAL DETAIL OF BURIAL PITS - GREAT LAKE FOREST PRODUCTS LTD., DRYDEN

APPENDIX E DISPOSAL SITE AND PROCEDURES - AMERICAN CAN OF CANADA LIMITED

Reed Ltd. Technical Group (now Great Lakes Forest Products Ltd.) was engaged as consultants by American Can of Canada Limited, based on their experience in the dismantling of the Reed Ltd. chlor-alkali plant in Dryden, Ontario. They designed the disposal pit and the procedures that were followed during the dismantling of the plant.

American Can engaged the services of Warnock-Hersey, Professional Services Ltd., to locate a suitable site for the burial of the contaminated equipment. An ideal site would have been in a clay area remote from any water supplies; however, since no clay area is accessible in this area a site 100 m by 200 m was chosen adjacent to the burial site used since 1971. This area is leased by American Can of Canada Ltd. from the Crown through the Ministry of Natural Resources for Ontario.

Three test wells were installed by the company on three sides of the vault as shown in Figure E.1. The area has a very low water table as wells No. 6 and 7 are 23 m deep and well No. 5 is 25 m deep. There is never more than about 0.7 m of water in any well even during the spring runoff and on most occasions wells No. 6 and 7 are dry. The results of mercury analysis from the test wells ranges from trace levels up to 4 µg per litre mercury.

The details of the construction of the disposal pit are shown in Figure E.2. The floors and walls of the pit are 30 cm thick reinforced concrete of 210 kgf/cm^2 strength. After all the cells, mercury pumps, end boxes, decomposers, seals, brine inlet and outlet headers, end box drain header, soft water header and piping, weak and strong caustic header, mercury catch pots, hydrogen cooling tower, hydrogen header, piping and other scrap was carefully positioned in the cement pit, extra room was available since the vault was made extra large to accommodate any unforseen equipment. This space was filled with 240 205-L drums of sludge, taken from the mercury treatment tanks, to minimize the volume of concrete needed to cement the contents of the pit together. The small void remaining was filled with 50 m^3 of sand from around the pit that was possibly contaminated with mercury. The pit area was first lined with 200 m^3 of 140-kgf/cm^2 free-flowing concrete before the sand was put in place so that the sand was isolated in a pocket of cement. Fifty cubic metres of 210-kgf/cm^2 concrete was then used to cap the pit.

The cap was slightly domed being approximately 20 cm thick in the center and 15 cm thick at the walls with a 15 cm overhang at the edge of the pit. This will cause any water that seeps onto the roof to run off and around the pit. After the concrete set, the entire area was covered with 1.5 m of soil from the pit excavation.

The pit was over-designed to withstand any possible local disturbances such as earth tremors, faulting, etc. The pit was buried below the frost line to prevent any heaving. In the event that the pit fractures, only the material along the faces of the fracture should be available for leaching of mercury by groundwater. Rapidly rising mercury levels in the groundwater will indicate that the pit is fractured and that some action must be taken to correct the situation.

From 1971 to 1977 mercury-contaminated sludges, used anodes, etc., were placed in steel drums which were buried in pits at the disposal sites. The location and structure of these pits are shown in Figure E.1.

During the burial of the plant equipment a fence with a locked gate was installed around the burial pit to prevent unauthorized personnel from entering this area. A permanent fence with a gate prevents access from the road entrance.

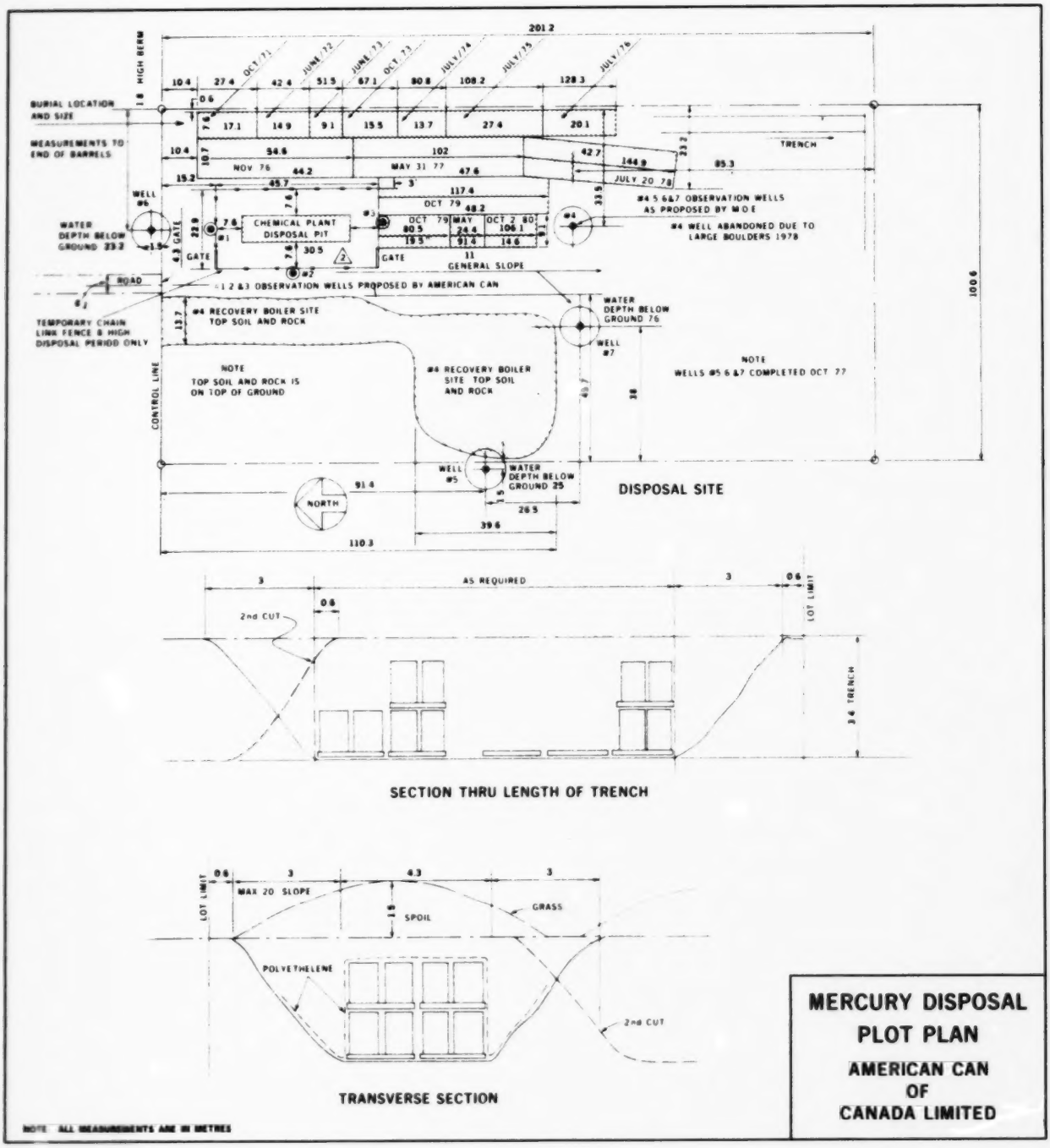


FIGURE E.1 MERCURY DISPOSAL PLOT PLAN - AMERICAN CAN OF CANADA LIMITED

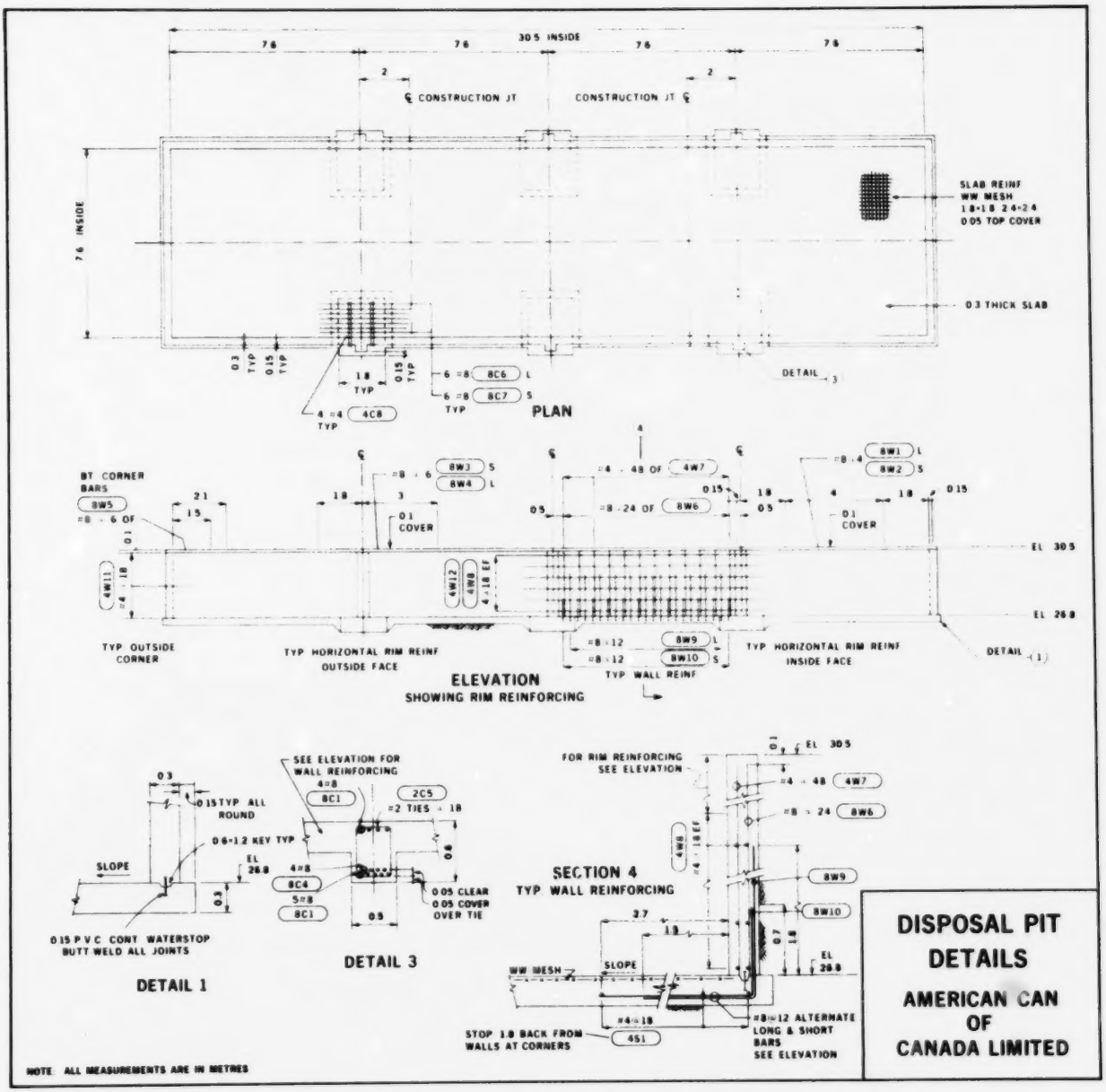


FIGURE E.2 DISPOSAL PIT DETAILS - AMERICAN CAN OF CANADA LIMITED

APPENDIX F DISPOSAL SITE AND PROCEDURES - CANADIAN INDUSTRIES LIMITED

A number of studies to determine the arrangement of the strata and the geotechnical properties of the soil in and around the St. Boniface burial site were carried out by Geocon Ltée. in 1975, 1977, 1978 and 1981 and by Laboratory Choisy Ltd. in 1981.

The burial site chosen is situated about 5 km west of the plant. It is bounded on the west by a ravine, on the south by a railway, and several hundred metres to the north by an auto route. The land is flat and covered by vegetation. The ravine is about 12 to 14 m deep with a slope varying between 18 to 30 degrees. Most of this slope is wooded.

The stratigraphy of the site consists of about 15 cm of topsoil over a bed of silty brown clay about 2 m deep followed by a firm grey silty clay. A rocky base was encountered in drillhole F3 (see Figure F.1) at a depth of 7.6 m; however, at drillhole F4 which is only 14 m away, clay was encountered up to a depth of 16 m, where the drilling was stopped.

"Resistance to shearing" tests carried out on an intact layer of brown silty clay varied from 10 250 to 13 200 kg/m^2, indicating a clay that is very stiff in consistency. The resistance to shearing tests, which terminated in the grey silty clay at a depth of 14 m, varied from 3 700 to 13 400 kg/m^2, indicating a clay with an average to very firm consistency. Several resistance to shearing tests were carried out on the altered clay found on the surface of the ravine. The values obtained varied between 440 to 2 800 kg/m^2, indicating a very soft clay subject to change (see Figures F.2 and F.3 for stratigraphy of the soil).

Since two of the burial pits were located only about 13 to 30 m from the edge of the ravine, Geocon was commissioned to study the long-term stability of the natural slope. They concluded that: 1) there was no visual evidence of slippage or movement along the slope in the past; 2) at the location which is considered representative of the slope the results indicated that under the piezometric conditions observed and considered normal, the security factor is acceptable; 3) under the condition that no external phenomena cause a change in the conditions of the soil at the top or bottom or sides of the slope, or that no artificial process causes an erosion or cut at the base of the slope, or that no discharge of clay is executed, and above all that the drainage at the top and bottom of the slope is not prevented by the spreading of clay in that area, the probability of an unstable slope is extremely unlikely; and 4) no work can cause vibrations in the proximity of the slope, and no modifications to the actual conditions can be attempted without a preliminary study.

Burial of the Sludge, Waste Material and Plant Equipment

1) Six holes up to approximately 13 m deep varying in size as shown on Figure F.1 were progressively opened.

2) Mercury-contaminated mud and equipment that had previously been buried alongside the sedimentation/treatment pond was removed and buried in hole No. 1 during the summer of 1978.

3) Approximately 18 500 m^3 of brine purification muds, containing an average mercury concentration of 210 g/kkg for a total of 6 790 kg mercury were removed from the sedimentation/treatment pond. In addition, about 15 300 m^3 of sand and silt, containing an average mercury concentration of 45 g/kkg for a total of 1 105 kg mercury were also removed from the pond. These contaminated solids were buried in holes 2 and 3 at the waste disposal site at St. Boniface.

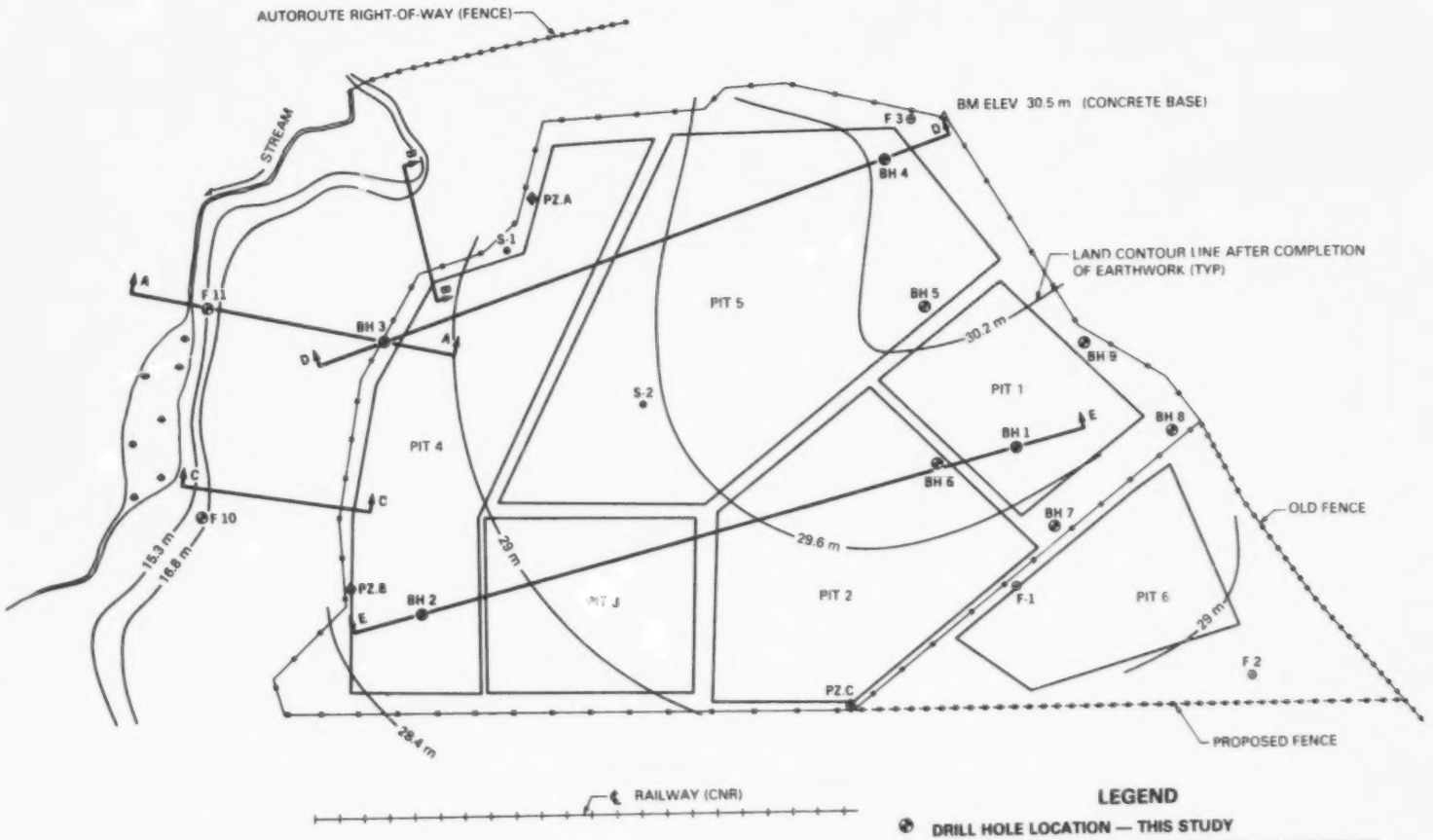
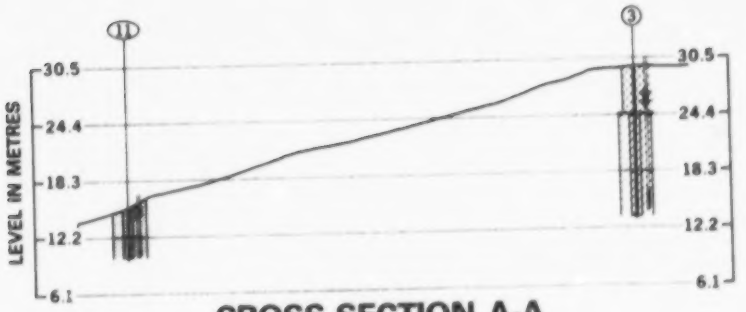
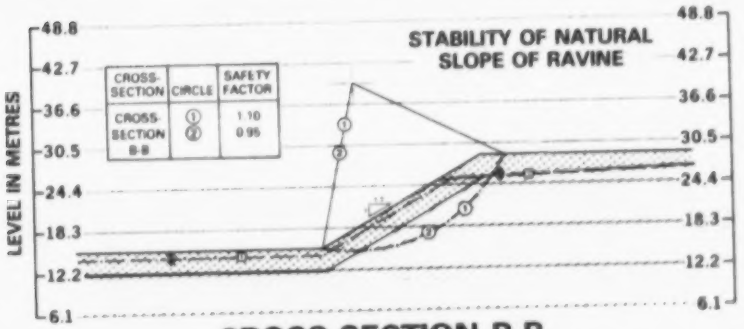


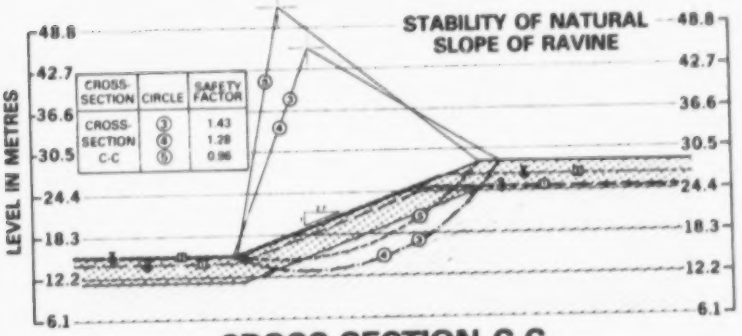
FIGURE F.1 BURIAL SITE FOR MERCURY RESIDUES - CANADIAN INDUSTRIES LIMITED



CROSS-SECTION A-A



CROSS-SECTION B-B



CROSS-SECTION C-C

LEGEND

- GREY CLAY — BROWN, SILTY, OXYDIZED, DRIED, STIFF
- GREY SILTY CLAY, REWORKED, MEDIUM SOFT
- GREY SILTY CLAY, SENSITIVE, STIFF
- DRILL HOLE IN CROSS-SECTION — THIS STUDY
- WATER LEVEL IN PIEZOMETER, JULY 29, 1981
- DRILL HOLE IN CROSS-SECTION — PREVIOUS STUDY (REPORT OF GEOCON (1975) LTD M4394 — NOV 11, 1977)
- LEVEL OF WATER IN PIPE ON SEPT 16, 1977

FIGURE F.2 STRATIGRAPHY OF THE SOIL AT BURIAL PITS - CANADIAN INDUSTRIES LIMITED

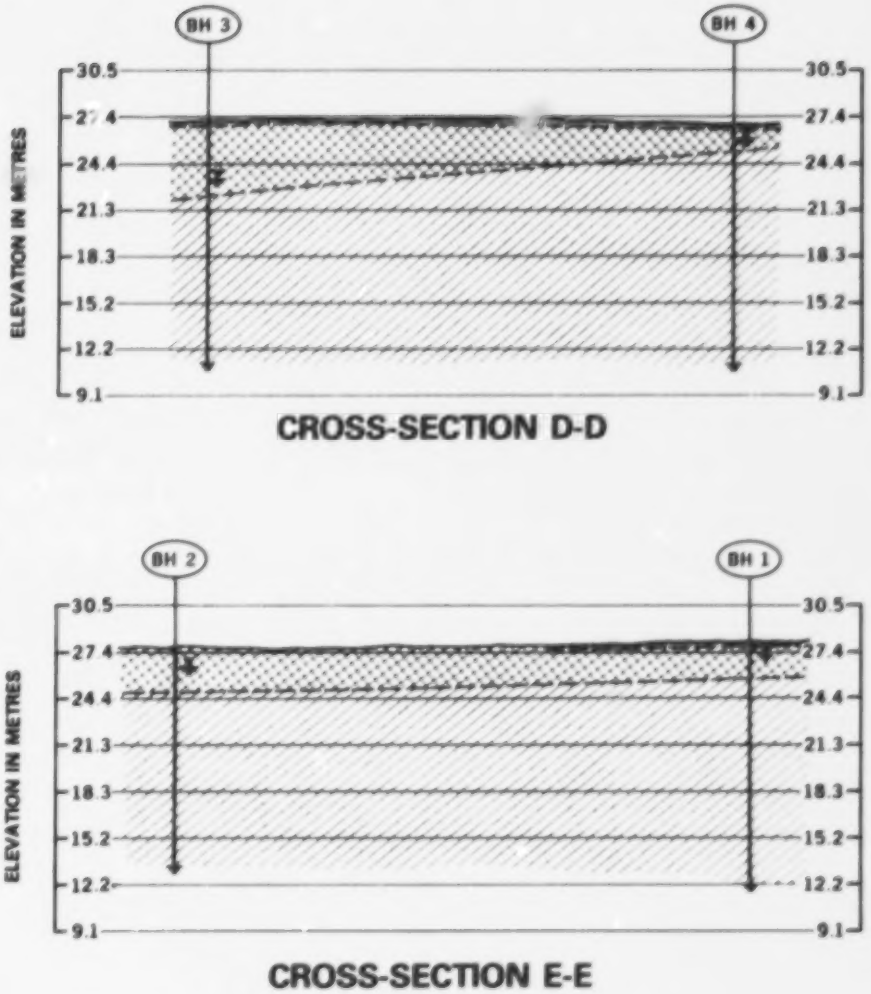


FIGURE F.2 STRATIGRAPHY OF THE SOIL AT BURIAL PITS - CANADIAN INDUSTRIES LIMITED (Cont'd)

4) Approximately 61 200 m^3 of brine treatment solids, used electrodes, sand, clay, broken cement, etc., were removed from the ravine. This material contained an average mercury concentration of 82 g/kkg for a total of 8 500 kg of mercury. This material was buried in holes 2 and 3 at the burial site.

5) All the equipment from the brine area, cell room, hydrogen section, caustic section, and chlorine section plus the buildings housing this equipment including the contaminated soil under and around these buildings was removed and buried in holes 3, 4, 5 and 6. The cells, anodes, bricks, steel, wood, cement floors and pillars, etc. contained an estimated 3 000 kg of mercury. The 30 600 m^3 of sand and clay removed from under the cell room and surrounding area contained an average of 75 g/kg mercury for a total of 3 675 kg of mercury.

6) A total of close to 142 000 m^3 of material containing around 23 000 kg of mercury were buried in the six holes.

7) After each hole was filled it was capped with 0.75 to 1 m of dense clay (removed from the holes) levelled and covered with 15-20 cm of topsoil and then seeded.

8) A record of all the material deposited in the six holes was made.

9) The site has been fenced to prevent access by unauthorized persons.

10) Monitoring wells are strategically located around the site. Samples will be taken periodically to determine if there is any migration of mercury. If there is any environmental concern, the company must take corrective measures.

Environnement Canada
Service de la protection de l'environnement

Environment Canada
Environmental Protection Service

Rapport sur la mise hors service, au Canada, de fabriques de chlore et de soude caustique équipées de cellules à mercure

Canada

Analyse économique et technique
Rapport SPE 3-EP-83-5F

Direction générale des programmes de protection de l'environnement
Décembre 1983

SÉRIE DE RAPPORTS DU SERVICE DE LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT

Les rapports d'analyse économique et technique portent sur les revues de l'état des connaissances, les relèves de bibliothèques, les inventaires industriels ainsi que leurs recommandations connexes dans les cas où celles-ci n'impliquent aucune recherche experimentale. Ces analyses sont entreprises, soit par un organisme extérieur, soit par le personnel du Service de la protection de l'environnement.

Les autres categories de la série de rapports du S.P.E. comprennent les groupes suivants: règlements, codes et accords; politique et planification; développement technologique; surveillance; guides de formation; rapports et exposés à des enquêtes publiques et impacts environnementaux.

Les demandes relatives aux rapports du Service de la protection de l'environnement doivent être adressées au Service de la protection de l'environnement, Environnement Canada, Ottawa, Ontario, K1A 1C8, Canada.

RAPPORT SUR LA MISE HORS SERVICE, AU CANADA, DE FABRIQUES DE CHLORE ET DE SOUDE CAUSTIQUE ÉQUIPÉES DE CELLULES À MERCURE

by

I. McBeath
Direction des programmes industriels
Direction générale des programmes de
protection de l'environnement
Service de la protection de l'environnement
Environnement Canada

SPE 3-EP-83-5F
Décembre 1983

Publication distribuée
par le Service de la protection de l'environnement
d'Environnement Canada
Ottawa
K1A 1C8

Édition française de
Decommissioning of Mercury Cell Chlor-alkali Plants in Canada
préparée par le Module d'édition française
d'Environnement Canada

© Ministre des Approvisionnements et Services Canada 1983
N° de cat. En 48-3/83-5F
ISBN 0-662-92413-4
IMPRIMERIE BEAUREGARD LIMITÉE

RÉSUMÉ

Le présent rapport examine en détail les méthodes utilisées par six sociétés lorsqu'elles ont démantelé, décontaminé et restauré ou converti leur fabrique de chlore et de soude caustique utilisant le procédé de la cathode de mercure. Sont également étudiées les méthodes utilisées par ces sociétés pour l'enfouissement, dans des décharges sécuritaires, des déchets et équipements contaminés par le mercure.

Le présent rapport traite essentiellement du processus de fermeture, mais lors d'échanges avec le personnel des usines, la question de la sécurité et de la santé des travailleurs a également été abordée. Dans chaque usine, les activités ont été planifiées pour minimiser le risque d'exposition des employés au mercure, avec des examens médicaux fréquents et réguliers du personnel, même si le port d'un masque était obligatoire lorsque la teneur en mercure de l'air était supérieure à 0,05 mg/m^3. Les examens médicaux comprenaient des analyses d'urine et les travailleurs étaient provisoirement tenus à l'écart chaque fois que la teneur en mercure dans les usines dépassait les normes permises. Les habits de travail étaient lavés quotidiennement, et le personnel était tenu de respecter des normes élevées d'hygiène personnelle. On s'est particulièrement efforcé de prévenir des déversements accidentels de mercure et des moyens ont immédiatement été pris lorsqu'un déversement n'a pu être évité. Les salles où se trouvaient les cellules à mercure étaient convenablement aérées, et on y mesurait fréquemment la teneur en mercure de l'air. Des cisailles ont été utilisées lorsqu'il fallait couper du métal contaminé par le mercure.

Dans deux fabriques soit celle de *Reed Ltd*, à Dryden, et de la *Saskatoon Chemicals*, à Saskatoon, les cellules à mercure ont été remplacées par des cellules à diaphragme; cependant, les techniques employées pour décontaminer le circuit de saumure étaient sensiblement différentes. À Dryden où du sel gemme sert à préparer la saumure, toutes les boues du circuit de saumure ont été retirées car elles étaient contaminées par le mercure. On a de plus remplacé certaines pièces de l'équipement et décontaminé le reste de l'installation. À Saskatoon où on utilisait des fosses à sel en circuit fermé, il n'a pas été nécessaire d'éliminer les boues contenant du mercure, ni de décontaminer l'équipement du fait que le mercure présent dans le circuit était absorbé par les matières solides, ou formait un précipité qui se déposait au fond de la fosse à sel. La teneur en mercure dans le circuit de saumure est alors tombée d'enviro.ı 4 mg/l, lorsque la fabrique a été fermée pour passer au procédé d'électrolyse avec cellule à diaphragme à un niveau non décelable en l'espace de deux ans et demi. En dépit de toutes les précautions prises à Dryden, la teneur en mercure dans les produits était supérieure à la teneur enregistrée à la fabrique de Saskatoon, et elle est demeurée assez élevée pendant plus longtemps qu'à la fabrique de Saskatoon. Les pertes en mercure dans les effluents de fabrication et les eaux de ruissellement ont considérablement diminué dans les deux fabriques et sont maintenant inférieures à 5 g par jour en moyenne. On ne prévoit pas d'amélioration notable dans le futur, sauf peut-être une réduction graduelle au cours des prochaines années.

ALCAN (Jonquière) et CIL (Shawinigan) ont opté pour la fermeture pure et simple de leur fabrique de chlore. La *CIL* de Shawinigan pensait réutiliser le bâtiment où se trouvait la salle d'électrolyse avec cellules à mercure. Une étude approfondie de la contamination, par le mercure, du bâtiment et de la zone attenante, conduite par une firme d'ingénierie, devait

toutefois révéler qu'il faudrait en plus de démanteler complètement l'usine, enlever et enfouir quelque 125 000 m^3 de matériaux contaminés (résidus de saumure, sable, argile, sol excavé, terre arable) se trouvant dans les bassins à déchets, le ravin, le sous-sol, travaux qui auraient coûté 3,5 millions de dollars. Le bâtiment a par conséquent été rasé et tout l'équipement et les matériaux contaminés par le mercure furent enfouis dans une décharge contrôlée. L'excellent travail de restauration a permis de transformer une zone potentiellement dangereuse à long terme en un milieu presque normal, dont les eaux de ruissellement ne contiennent plus qu'environ 4 à 6 g de mercure par jour, quantité sujette à baisser encore avec le temps.

La fabrique de l'*ALCAN*, à Jonquière, a été démantelée et décontaminée, puis tous les égouts, puisards, tranchées, tunnels ont été obturés avec du béton et une nouvelle dalle en béton armé a été posée afin d'empêcher le mercure de s'échapper du bâtiment et du soubassement. La transformation de la fabrique en bureaux et en ateliers pour légers travaux d'entretien mécanique n'a entraîné que de très faibles émissions de mercure dans l'air et les effluents. Il devrait en être ainsi tant et aussi longtemps que les recouvrements de béton, de béton armé et d'asphalte destinés à empêcher les fuites de mercure résiduel ne seront pas endommagés.

Les boues contaminées par le mercure, produites par cette fabrique entre 1971 et 1976, furent traitées au sulfure ou au disulfure de sodium puis déversées dans des fosses aménagées dans deux bassins à boues rouges abandonnés, d'une surface de 14 ha. C'est dans ces bassins que fut également enfoui l'équipement contaminé. Du sable grossier dragué d'un bassin à boues rouges attenant a été utilisé pour combler l'aire d'enfouissement jusqu'à 1,3 m du haut. Ce sable est actuellement recouvert d'une couche de 0,6 m de glaise sur laquelle on épandra de la terre arable qui sera ultérieurement ensemencée. La teneur en mercure des eaux de ruissellement et d'infiltration provenant des bassins est actuellement très faible (moins de 5 g/j). Si une chute du pH entraînait une augmentation des pertes de mercure, d'autres mesures s'imposeront pour empêcher sa dissolution.

La fabrique de chlore et de soude caustique de la *Domtar* à Lebel-sur-Quévillon n'a pour l'instant été que partiellement démantelée et "mise en attente". Tout le mercure se trouvant dans l'usine a été enlevé et l'équipement a été décontaminé. Les cellules, les pompes, les décomposeurs et les réservoirs sont toujours en place. La saumure fut recueillie avant la fermeture et on en a extrait le mercure avant son évacuation graduelle; tout l'équipement encore en place est vide, excepté les réservoirs de stockage de produits chimiques. Comme la Domtar a toujours besoin de chlore, de soude caustique, de chlorate de sodium et d'acide sulfurique pour son usine de pâtes et papier voisine, elle s'approvisionne maintenant à l'extérieur et ces produits sont entreposés dans les réservoirs de stockage utilisés par la fabrique de chlore pour lesdits produits.

La *Domtar* a toujours été aux prises avec de sérieux problèmes de ruissellement et d'infiltration à sa fabrique de chlore si bien que le mercure passé sous les fondations de l'usine ou le sous-sol attenant tendait à être entraîné par lessivage, en particulier en présence de produits chimiques. Des pertes relativement élevées de mercure (en moyenne 65 g/j) se sont produites à cette usine de 1978 à 1981 lors du déchargement des wagons-citernes et le transfert des produits chimiques dans les installations de stockage. En isolant chaque circuit de produit chimique pour empêcher les pertes dans le sous-sol et les anciens égouts, les pertes de mercure ont été ramenées à 26 g/j.

Les boues contaminées par le mercure, les anodes usées, etc., produites par cette usine de 1971 à 1976 furent déversées sur une couche de chaux dans l'aire d'élimination, puis recouvertes de chaux sur laquelle on a déversé de la terre. En 1976, toute l'aire fut recouverte d'une couche de soufre et de sable puis de 60 cm de glaise et finalement de terre. Une nouvelle

aire d'élimination avec revêtement en Hypalon a été aménagée dans une zone argileuse. Toutes les matières solides pénétrant dans cette zone, qui est toujours utilisée, sont traitées au sulfure ou disulfure de sodium. Des puits de surveillance entourent les deux aires.

La fabrique de chlore et de soude caustique de la *American Can of Canada*, à Marathon, n'a elle aussi été que partiellement démantelée et les installations de stockage servent à une usine de pâtes et papier voisine; la majeure partie de l'équipement a été décontaminé et enfoui.

Avant la fermeture, l'une des deux installations de stockage de sel a été décontaminée pour que l'unité produisant le chlorate de sodium, toujours en service, dispose de saumure exempte de mercure (l'usine de chlorate n'utilisant pas de mercure dans son procédé). Après que la fabrique de chlore et de soude caustique eut cessé ses activités, la saumure fut traitée pour en éliminer le mercure, puis évacuée graduellement. Toutes les boues contaminées par le mercure furent chargées dans des barils avant d'être enfouies dans la décharge prévue à cet effet.

Les cellules à mercure et l'équipement auxiliaire furent démantelés, décontaminés et enfouis dans un bunker en béton, construit à même le site d'enfouissement. Les boues des cellules, des réservoirs, des bassins, etc. ont également été placées dans des fûts avant leur enfouissement. Toute l'eau de lavage fut traitée pour en éliminer le mercure avant d'être évacuée. Le plancher de la salle qui abritait les cellules à mercure a été recouvert de béton. Cette salle sert maintenant à entreposer les produits devant être gardés au sec.

La fabrique de chlorate a cessé toute activité en septembre 1982. L'équipement servant au traitement de la saumure a été démantelé et enfoui dans la décharge; les planchers seront recouverts de béton une fois le démantèlement terminé. Il ne restera plus que les réservoirs de stockage de produits chimiques, décontaminés lorsque la fabrique de chlore et de soude caustique a été mise hors service. Ces réservoirs ont été isolés et tout déversement accidentel est recyclé afin que les pertes ne puissent provoquer le lessivage du mercure du sol dans la zone avoisinante.

Toutes les usines fermées ou converties surveillent étroitement les pertes de mercure dans les effluents, ainsi que dans les eaux de ruissellement et d'infiltration provenant de l'emplacement où se trouvait la fabrique ainsi que des aires d'enfouissement. Toute augmentation dans la migration ou l'évacuation de mercure sera suivie immédiatement de mesures correctives. Tout le mercure en stock lors de la fermeture ou de la conversion des fabriques a été vendu à des marchands reconnus.

Les techniques de démantèlement, de décontamination et de restauration varient d'une usine à l'autre selon l'étendue de la contamination par le mercure autour de l'installation, la situation topographique de l'usine, le type de sol qui l'entoure, l'existence d'une caverne à sel, et selon que l'usine abandonne ou poursuive ses activités, ou que l'on opte pour un procédé n'employant pas le mercure, etc. Il n'y a pas deux usines qui utilisent le même procédé pour restaurer les lieux en vue d'une utilisation ultérieure ne présentant aucun risque pour l'environnement. Les méthodes décrites ici devraient toutefois permettre de s'assurer que la fermeture d'une usine ne nuira pas à l'environnement, ni à la santé des employés.

SUMMARY

This report reviews in detail the procedures followed by six companies in dismantling, decontaminating and restoring, or converting their mercury cell chlor-alkali plants. Methods used to confine mercury-contaminated wastes from these plants in secure burial sites are described.

This report deals only with closure procedures, although the safety and health of the workers was also emphasized during discussions with plant personnel. At each plant the activities were planned to minimize the possible exposure to mercury and frequent regular personnel monitoring was undertaken even though the wearing of face masks was mandatory if the concentration of mercury in the air was greater than 0,05 mg/m^3. The monitoring included urine testing and workers were temporarily removed from exposure if the mercury levels rose above the normal permitted. Work clothes were washed daily and high standards of personal cleanliness were maintained. Special emphasis was placed on the prevention of spills and prompt cleanup action if they occurred. Cell rooms were well ventilated and atmospheric monitoring for mercury was carried out. Hand tools were used whenever cutting of mercury-contaminated metal was necessary.

Two plants, at Dryden and Saskatoon, were converted to the membrane process; however, the techniques used to decontaminate the brine circuit were substantially different. At Dryden, where rock salt is used for brine makeup, it was necessary to remove all mercury-bearing sludges from the brine circuit, replace certain pieces of equipment, and decontaminate the remaining equipment. In comparison, at Saskatoon, where closed-cycle salt wells are used, it was not necessary to remove mercury-bearing sludges or decontaminate the equipment as the mercury present in the circuit was absorbed on solids present, or formed a precipitate that settled out on the bottom of the salt cavity. As a result, the mercury present in the brine circuit dropped from a concentration of around 4 mg/l, at the time of closure, to an undetectable amount withing two and one-half years. In spite of all the precautions taken at Dryden, mercury in products remained higher for a longer period of time than at the Saskatoon plant. Both plants have reduced mercury losses to process effluents plus storm runoff to very low levels, i.e., an average of less than 5 grams per day. No significant improvement can be expected in the future although a gradual reduction will likely occur over the coming years.

At ALCAN (Jonquière) and CIL (Shawinigan) total closure procedures were used. At Shawinigan initial plans called for the reuse of the cell building; however, extensive studies of mercury contamination of the plant and surrounding area by an engineering firm determined that complete restoration could only be accomplished by total dismantlement of the plant, and the removal of a further 125 000 cubic metres of brine solids, sand, clay and topsoil from the waste ponds, ravine and under the plant floors at a cost of $3,5 million. All the mercury-contaminated equipment and material was placed in a secure burial site. This excellent job of restoring a potentially long-term hazardous area to nearly normal conditions has reduced mercury in runoff to around 4 to 6 g per day. Further reductions will likely occur with time.

The plant at Jonquière was dismantled, decontaminated and then sealed to prevent mercury escaping from the building and basement that housed the plant. The restoration of the plant to new office space and light maintenance work has resulted in very low mercury releases in atmospheric emissions and liquid effluents. These good results should prevail as long as the concrete and asphalt seals used to prevent the release of residual mercury are not damaged.

The mercury-contaminated sludges produced in the ALCAN plant between 1971-76 were sulphided and then disposed of in two abandoned red mud ponds covering an area of 14 hectares. These same ponds were used to bury the contaminated equipment from the plant. Dredged coarse sand from an adjacent red mud pond was used to cover the disposal area to a depth of 1.3 metres and a layer of 0.6 m of impermeable argilaceous clay is now being added. After grading, a layer of topsoil will be added and sown with grass. The mercury content in the runoff and seepages from the ponds is presently very low, less than 5 grams per day. If mercury losses increase due to a drop in pH, then further steps to prevent the dissolution of mercury will be required.

A partial dismantling has been implemented at Domtar's Lebel-sur-Quévillon chlor-alkali plant. All mercury has been removed from the plant and the equipment has been decontaminated; however, the cells, pumps, decomposers, tanks, etc., are still in place. The brine was run down before closure and treated for mercury removal before being slowly released; all the equipment on standby, except for the chemical storage tanks, is empty. Although the mercury cell chlor-alkali plant has ceased operations, the adjacent pulp and paper mill still requires the chemicals that were produced or used in the chemical plant, i.e., chlorine, caustic soda, sodium chlorate and sulphuric acid, and the storage facilities for these chemicals, which are transported to the plant in bulk, have been maintained.

The Domtar plant has always been plagued with high runoff and seepages, which tended to leach mercury that had escaped to the subsoil under and adjacent to the plant, particularly if chemicals were present. During the unloading and transferring of chemicals from the tank cars to the storage facilities chemical losses occurred which resulted in relatively high mercury losses from this plant from 1978 to 1981 (i.e., an average of about 65 grams per day). By isolating each chemical circuit to prevent losses to the subsoil and old sewers, mercury losses have been reduced to around 26 grams per day.

The mercury-contaminated sludges, waste anodes, etc., that were produced in this plant between 1971 to 1976 were placed on top of a layer of lime in the disposal site and then covered over with lime, followed by a layer of soil. In 1976, a layer of sulphur/sand followed by a 60 cm layer of impervious clay and top soil was used to seal off this area. A new disposal site with a Hypalon liner was constructed in a clay area. All solids entering this area, which is still in use, have been sulphide treated. Monitoring wells have been placed around both areas.

At American Can of Canada's chlor-alkali plant in Marathon the chemical holding facilities are also required to serve the adjacent pulp and paper mill; however, most of the other equipment in this plant has been decontaminated and buried. Prior to closure of the plant, one of the two salt holding facilities was decontaminated so that mercury-free brine would be available for the sodium chlorate plant which remained in operation (the chlorate plant did not use mercury in its operation). After the chlor-alkali plant ceased operations, the brine was treated for mercury removal and then slowly released. All mercury-contaminated sludges were placed in barrels and buried in a disposal site.

The cells plus the ancillary equipment were then dismantled, decontaminated and buried in a cement bunker at the disposal site. All sludges from the cells, tanks, sumps, etc. were also placed in drums and buried at the disposal site. All washwaters were treated for mercury removal before being released. The floor in the cell room was then capped with cement. This area is now being used for dry storage.

The chlorate plant ceased operations in September, 1982. The equipment in the brine processing area is now being dismantled and buried in the disposal area and the floors will be

capped with cement. The only remaining equipment will be the chemical storage tanks which were decontaminated when the chlor-alkali plant was shut down. These tanks are isolated and any spills are recycled; thus no losses with could leach mercury from the soil in the surrounding area should occur.

All of the closed and converted plants monitor for mercury in the effluents, runoff and seepages from the original plant sites and burial areas. If any increase in mercury releases and migration are noted, corrective action will be taken immediately. All mercury removed from the closed and converted plants was sold to reputable dealers.

The dismantling, decontamination and restoration of a plant site varies somewhat from plant to plant depending upon the extent of mercury contamination around the plant, the topographical location of the plant, the type of soil around the plant, the availability of a salt cavern, whether the plant suspends operations or converts to a non-mercury process, etc. No two plants will likely use the same procedures to restore a site to a condition to accept further development without risk to the environment. The procedures outlined herein, however, should be helpful in ensuring that a plant closure is conducted in such a manner as to protect both the environment and the health of the employees.

TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ III
ABSTRACT VI
LISTE DES FIGURES XI
LISTE DES TABLEAUX XI
REMERCIEMENTS XII

1 INTRODUCTION 1

2 MÉTHODES ET ORIENTATION GÉNÉRALE 4
2.1 Étude des dossiers du SPE sur les six fabriques 4
2.2 Échanges avec le personnel régional 4
2.3 Visites des fabriques 4

3 RAPPORTS DES VISITES D'USINES 6
3.1 Conversion par la Saskatoon Chemicals de sa fabrique de chlore par le procédé de la cathode de mercure au procédé à diaphragme 6
3.1.1 Exploitation passée 6
3.1.2 Opérations de démantèlement, conversion et décontamination 6
3.1.3 Surveillance 7
3.1.4 Autres mesures prévues ou en cours 9
3.1.5 Conclusions 9
3.2 Fermeture de la fabrique de chlore par le procédé de la cathode de mercure, de la Domtar à Lebel-sur-Quévillon 10
3.2.1 Exploitation passée de l'usine à cellule au mercure 10
3.2.2 Démantèlement partiel et décontamination 10
3.2.3 Surveillance 13
3.2.4 Autres mesures prévues ou en cours 13
3.2.5 Conclusions 14
3.3 Fermeture de la fabrique de chlore par procédé à cathode de mercure de l'ALCAN, à Jonquière 14
3.3.1 Exploitation passée 14
3.3.2 Études effectuées avant le démantèlement 15
3.3.3 Opérations de démantèlement et de décontamination 15
3.3.4 Surveillance 16
3.3.5 Autres mesures prévues ou en cours 17
3.3.6 Conclusions 17
3.4 Conversion par la Great Lakes Forest Limited de sa fabrique de chlore par cathode de mercure au procédé à diaphragme 17
3.4.1 Exploitation passée 17
3.4.2 Opérations de démantèlement, de conversion et de décontamination 17
3.4.3 Surveillance 20
3.4.4 Autre mesures prévues ou proposées 20

3.4.5	Conclusions	20
3.5	**Fermeture de la fabrique de chlore par le procédé de la cathode de mercure, de l'American Can of Canada Ltd., à Marathon**	21
3.5.1	Exploitation passée	21
3.5.2	Opérations de démantèlement et de décontamination	21
3.5.3	Surveillance	22
3.5.4	Autres mesures prévues ou en cours	24
3.5.5	Conclusions	24
3.6	**Fermeture de la fabrique de chlore par le procédé de la cathode de mercure de la Canadian Industries Limited, à Shawinigan**	24
3.6.1	Exploitation passée	24
3.6.2	Opérations de démantèlement et de décontamination	25
3.6.3	Surveillance	27
3.6.4	Autres mesures prévues ou en cours	27
3.6.5	Conclusions	27
4	**CONCLUSIONS GÉNÉRALES**	28
ANNEXES	Données sur les sites et les opérations d'enfouissement	
	A – Saskatoon Chemicals, Saskatoon	33
	B – Domtar Inc., Lebel-sur-Quévillon	37
	C – ALCAN, Jonquière	43
	D – Great Lakes Forest Products Ltd., Dryden	47
	E – American Can Company, Marathon	53
	F – CIL, Shawinigan	57

LISTE DES FIGURES

1	Fuite de mercure dans les effluents liquides (Saskatoon Chemicals, à Saskatoon)	8
2	Fuite de mercure dans les effluents liquides (Domtar, à Lebel-sur-Quévillon)	11
3	Fuite de mercure dans les effluents liquides (Great Lakes Forest Products Ltd., à Dryden)	19
4	Fuite de mercure dans les effluents liquides (American Can Company, à Marathon)	23
5	Fuite de mercure dans les effluents liquides (CIL, à Shawinigan)	26
A.1	Saskatoon Chemicals: Lieu d'enfouissement des déchets et équipements contaminés par le mercure	35
A.2	Saskatoon Chemicals: Carte des points d'échantillonnage des eaux souterraines	36
B.1	Domtar: Réseau d'égouts de l'usine de produits chimiques	39
B.2	Domtar: Aménagement de l'ancienne aire d'enfouissement des déchets contaminés par le mercure	40
B.3	Domtar: Nouveau lieu d'enfouissement des déchets contaminés par le mercure	41
C.1	ALCAN: Bassins à boues rouges n^{os} 2 et 3. Vue générale	45
C.2	ALCAN: Bassins à boues rouges n^{os} 2 et 3. Vue en coupe	46
D.1	Great Lakes Forest Products Ltd.: Plan détaillé du lieu d'enfouissement des déchets contaminés par le mercure	51
D.2	Great Lakes Forest Products Ltd.: Coupe transversale des fosses d'enfouissement	52
E.1	American Can of Canada Ltd.: Plan du lieu d'enfouissement des déchets contaminés par le mercure	55
E.2	American Can of Canada Ltd.: Détails de la fosse d'enfouissement	56
F.1	CIL: Lieu d'enfouissement des déchets contaminés par le mercure	59
F.2	Stratigraphie du sol du lieu d'enfouissement	60

LISTE DES TABLEAUX

1	Sommaire des pertes actuelles de mercure après cessation de la fabrication du chlore par le procédé de la cathode de mercure et coûts de la remise en état des lieux	28
D.1	Feuille de route sur l'enfouissement des boues à la Great Lakes Forest Products Ltd.	48

REMERCIEMENTS

L'auteur tient à remercier tous les directeurs d'usines des sociétés concernées ainsi que leur personnel pour leur aide spontanée et les nombreux renseignements techniques fournis relativement à la fermeture des fabriques de chlore.

Nous remercions également le personnel des ministères provinciaux de l'Environnement, le personnel régional du SPE ainsi que celui des sociétés qui ont revu le présent rapport et apporté corrections et commentaires.

Nous tenons tout spécialement à remercier D. Wayne Bissett du SPE qui a été un guide et un conseiller précieux pour ce programme.

1 INTRODUCTION

Le mercure entraîne des problèmes écologiques de nature très complexe. Il semble que cet élément fasse depuis très longtemps partie de l'environnement de l'homme; cependant, l'utilisation du mercure à des fins industrielles a fait augmenter la quantité globale de mercure présent biologiquement dans l'environnement. Dans certaines régions, on a décelé des teneurs inacceptables du point de vue écologique.

Dès le début de l'année 1965, il a été prouvé hors de tout doute que la présence de mercure dans les effluents industriels peut entraîner des teneurs élevées en mercure chez les poissons, en aval du point de déversement. Les inquiétudes grandirent lorsqu'on découvrit peu après que pratiquement tout le mercure chez le poisson se trouvait sous forme de complexe de méthylmercure, que le mercure soit d'origine métallique, minérale ou organique.

Il semblerait que ce soient les résultats d'études conduites en 1969, d'abord à l'Université de la Saskatchewan, puis à l'Université Western Ontario, qui incitèrent les autorités canadiennes à agir. Ces études révélaient des teneurs élevées en mercure chez des poissons pris dans le bassin hydrographique de la rivière Saskatchewan-Sud et dans le lac Sainte-Claire. Une seule conclusion s'imposait: l'utilisation du mercure à des fins industrielles ou autres entraînait un risque évident de contamination de l'environnement et devait donc faire l'objet de restrictions très sévères. La première intervention consista à fermer à la pêche pratiquement sur le champ, en totalité ou en partie, seize formations aquatiques, les analyses approfondies des eaux canadiennes ayant révélé qu'elles étaient gravement contaminées par le mercure.

En 1969, quatorze fabriques produisaient du chlore et de la soude caustique par le procédé de la cellule à mercure. (*Canso Chemicals* commença la production en 1970, ce qui porta leur nombre à 15.) En 1969, la production de chlore par le procédé de la cathode de mercure était d'environ 500 000 tonnes provenant de fabriques dont la capacité journalière allait de 30 à 230 tonnes. Ces fabriques utilisaient environ 110 000 kg de mercure par année. On estime que 62 p. 100 passaient alors directement dans les cours d'eau; les autres 38 p. 100 passaient dans les produits, les émissions atmosphériques et les déchets solides.

À partir de 1970-71, en vertu d'accords conclus avec les gouvernements provinciaux et fédéral, toutes les fabriques de chlore et de soude caustique utilisant le procédé de la cathode de mercure cessèrent d'évacuer dans les égouts les matières solides contaminées par le mercure provenant du traitement de la saumure, séparèrent les eaux usées contaminées des eaux résiduaires relativement propres, et recyclèrent le plus possible d'eaux usées contaminées tout en traitant le reste. Ces mesures permirent de réduire de plus de 99 p. 100 la quantité de mercure déversée dans les effluents liquides.

En mars 1972, Environnement Canada émit un Règlement stipulant qu'une fabrique de chlore et de soude caustique était autorisée à rejeter un effluent contenant du mercure dans des eaux poissonneuses à condition que la quantité journalière de mercure rejeté par la fabrique ne dépasse pas 2,5 g/t de chlore produite au cours de la même journée.

Les fabricants de chlore et de soude caustique se sont attaqués de plusieurs façons au problème du mercure, en tenant compte de facteurs économiques comme l'âge et la valeur des installations, leur nombre, et les techniques de production utilisées. Par exemple, *Dow Chemical of Canada Ltd.* convertit en 1972 ses deux fabriques de Sarnia au procédé à diaphragme, et mit

fin en 1973 à ses activités à Thunder Bay; ces fabriques respectaient pourtant les exigences des règlements provinciaux et fédéral. De leur côté *Reed Ltd.*, à Dryden, et la *Prince Albert Pulp & Paper Ltd.*, bien que respectant le Règlement sur le mercure provenant des effluents de fabriques de chlore et de soude caustique décidèrent de convertir leur fabrique au procédé à diaphragme, en 1975 et 1978 respectivement, après la promulgation, en 1975, du Règlement sur les normes nationales de dégagement de mercure par les fabriques de chlore (visant à diminuer la quantité de mercure libérée dans l'atmosphère). Ces sociétés jugeaient que les transformations à apporter pour se conformer au Règlement sur les émissions atmosphériques de mercure pourraient être trop coûteuses par rapport à leur production. *Canadian Industries Limited* ferma deux fabriques utilisant des cellules à mercure, et augmenta en conséquence la production de sa nouvelle fabrique équipée de cellules à diaphragme. *Alcan*, et *American Can of Canada* ont fermé leur fabrique et la *Domtar* a mis la sienne à l'arrêt et en attente. Toutes trois achètent maintenant le chlore et les produits caustiques dont elles ont besoin.

En raison des dangers potentiels que présente le mercure pour l'environnement, il a fallu s'assurer que la fermeture ou la conversion de fabriques de chlore utilisant le procédé de la cathode de mercure se fassent sans danger pour l'environnement. Les mesures suivantes ont donc été prises: élimination de tous les déchets contenant du mercure et de l'équipement contaminé dans un lieu d'enfouissement approuvé; restauration du bâtiment et de l'emplacement de façon à permettre sans aucun risque tout aménagement ultérieur. Il faut retenir cependant que même si la quantité de mercure évacuée après la fermeture ou la conversion de ces fabriques est faible, la majeure partie du mercure déversé dans les rivières avant 1969 se trouve toujours dans les sédiments. On peut donc s'attendre à ce que les teneurs en mercure chez les poissons demeurent modérément élevées pour plusieurs années encore.

Les deux fabriques de chlore et de soude caustique de la *Dow Chemical of Canada Ltd.* à Sarnia qui étaient équipées de cellules à mercure ont été démantelées et décontaminées en 1973. Les boues contaminées par le mercure furent transportées dans une caverne de sel abandonnée, ou enfouies, avec l'équipement contaminé par le mercure, dans une fosse au sol argileux lourd, que l'on recouvrit d'une dalle de béton et de terre arable et qui fait maintenant partie des espaces verts entourant la fabrique. Au cours des neuf ou dix dernières années on n'a décelé aucune migration de mercure à partir des aires d'enfouissement.

La fabrique de chlore et de soude caustique de la *Dow Chemical of Canada* à Thunder Bay équipée elle aussi de cellules à mercure, a été démantelée et décontaminée en 1973. Tous les déblais et autres provenant des bâtiments et tout l'équipement ayant servi à la fabrication de chlore et de soude caustique par le procédé de la cathode de mercure furent transportés à l'usine de la Dow Chemicals, à Sarnia, pour élimination. En octobre 1973, Dow Chemical obtint l'autorisation du ministère de l'Environnement de l'Ontario d'éliminer les boues provenant des opérations antérieures à la fermeture de la fabrique et contaminées par le mercure dans une fosse doublée d'une couche imperméable d'argile et d'une enveloppe de polyéthylène. Avant leur transfert dans la fosse les boues furent traitées par le procédé Chemfix pour atténuer encore les risques de migration et de lessivage du mercure. La fosse fut recouverte d'argile et de terre, la zone fut clôturée, et on installa des puits de surveillance pour les eaux souterraines. Cette surveillance, exercée par la société et le ministère de l'Environnement, n'a révélé aucun changement important des teneurs en mercure des eaux souterraines.

À la fabrique de la *CIL* à Hamilton, on a prélevé des échantillons dans les canalisations, les puisards, les planchers en béton, les poutres peintes, etc., selon une méthode conçue pour d'autres installations de la fabrique et de la société-mère, la Imperial Chemical Industries, afin

d'étudier la contamination par le mercure. Une fois les résultats connus, on retira le mercure des cellules, des décomposeurs, de la tuyauterie, etc. L'équipement fut ensuite démantelé, décontaminé et évacué, à l'usine de la CIL de Cornwall. Les murs et le toit de la salle des cellules subirent un lavage à l'eau sous haute pression. L'eau de lavage fut traitée pour en extraire le mercure. L'équipement non réutilisé par l'usine de Cornwall fut enfoui dans une décharge approuvée, à Shawinigan.

L'échantillonnage ayant révélé que la contamination par le mercure était relativement élevée dans les canalisations et les puisards, on a démoli les planchers en béton dans le secteur. Les déblais ont été broyés puis mélangés à des boues qui ont été traitées par la suite.

Les boues riches en mercure furent envoyées à la *CIL* à Cornwall, pour récupération du mercure par distillation en vase clos. Les autres boues renfermant moins de 10 p.p.m. de mercure, par ex. les boues du traitement de la saumure provenant de la décharge utilisée avant 1970, et les boues provenant du bassin à revêtement intérieur, recueillies après l'entrée en vigueur du Règlement sur les rejets de mercure, furent fixées grâce à un procédé au sulfite de sodium, au silicate de sodium et à la chaux. Comme ce mélange était peu consistant, il fut transféré dans un bassin asphalté. Il fut alors mélangé avec de l'oxyde de calcium, et l'on obtint un agrégat dur ayant l'apparence du gravier.

Des essais de lessivage à partir de cet agrégat révélèrent un entraînement très faible; cependant, vu l'interdiction d'évacuer ce matériau dans un dépotoir, il fut transporté par camion jusqu'à la décharge Goodfellow de Sarnia.

Avant et après le rachat de la propriété par une aciérie, la *CIL* a fourni aide et assistance pour l'élimination des matériaux de dragage contaminés par le mercure, ainsi que pour le remblayage et la restauration d'une partie du terrain bordant l'usine, dans le but d'assurer la protection de l'environnement.

Étant donné que les fabriques de la *Dow Chemical*, à Sarnia et Thunder Bay, et celle de la *CIL*, à Hamilton ont été démantelées et décontaminées il y a plus de neuf ans, et que la surveillance exercée pour dépister la libération ou la migration de mercure à partir de l'emplacement initial et des fosses d'enfouissement n'a révélé aucune teneur anormalement élevée dans l'environnement, il ne sera plus question de ces fabriques dans ce rapport. Nous traitons en détail des méthodes utilisées pour démanteler et décontaminer les installations, et éliminer les matériaux contaminés dans les six autres fabriques fermées ou converties, au Canada.

2 MÉTHODES ET ORIENTATION GÉNÉRALE

Pour évaluer l'efficacité des méthodes utilisées par les diverses fabriques pour faire face au problème de la contamination par le mercure résultant de leurs activités passées, il fut décidé d'examiner d'abord les dossiers du SPE sur les six compagnies, d'étudier le programme, d'obtenir tous les renseignements possibles des bureaux régionaux des gouvernements provincial et fédéral, et enfin de visiter les fabriques avec le personnel de la société. Les paragraphes qui suivent décrivent brièvement les principaux points de l'étude et les résultats obtenus.

2.1 Étude des dossiers du SPE sur les six fabriques

Comme l'exige le Règlement sur les rejets de mercure par les fabriques de chlore et de soude caustique, toutes les sociétés étaient tenues de mesurer chaque jour les pertes de mercure dans les effluents et de présenter un rapport mensuel. Après leur fermeture ou leur conversion en installations n'utilisant pas de mercure, toutes les fabriques visées par l'étude, sauf *ALCAN*, ont continué à soumettre des rapports mensuels faisant état des déversements de mercure dans leurs effluents. Les résultats de ces contrôles sont présentés sous forme de graphique dans le corps du rapport.

De plus, pendant les dix dernières années, les sociétés ont communiqué par lettres, schémas et autres documents, les méthodes employées pour réduire les pertes de mercure dans l'environnement, ainsi que les techniques d'élimination des déchets renfermant du mercure. En outre, des employés d'Environnement Canada et des ministères provinciaux de l'Environnement ont visité les fabriques à maintes reprises, et rédigé des rapports. Tous ces documents ont été examinés avant l'organisation de nouvelles visites, de façon à pouvoir mieux évaluer la portée du démantèlement et de la décontamination, ainsi que l'efficacité des techniques d'élimination des déchets.

2.2 Échanges avec le personnel régional

Avant le démantèlement et la décontamination de leurs fabriques, les sociétés ont soumis leur(s) projet(s) au ministère de l'Environnement de la province concernée. Dans certains cas, des employés de ces ministères ou des consultants ont assisté au démantèlement et rédigé un rapport. Le personnel des bureaux régionaux du SPE a obtenu copies de ces rapports, et a organisé pour nous des visites des fabriques et des rencontres avec les employés provinciaux.

2.3 Visites des fabriques

Les ingénieurs d'Environnement Canada ont visité les fabriques de chlore et de soude caustique fermées ou converties, au Québec, en Ontario et en Saskatchewan. En Ontario, ils étaient assistés d'ingénieurs du ministère ontarien de l'Environnement.

Les employés chargés des problèmes environnementaux ont chaque fois rencontré les ingénieurs de la fabrique visitée, qui se montrèrent très coopératifs lors de l'étude des méthodes de démantèlement, de décontamination, et de conversion ou de restauration des installations. Les fabriques converties ou restaurées et les lieux d'enfouissement furent inspectés; en outre, on prit connaissance des moyens de surveillance. Il a également été question de la protection des ouvriers durant le démantèlement, la décontamination et la restauration.

Avant ou pendant la mise hors service des fabriques, les sociétés avaient chargé des firmes d'ingénierie ou des ingénieurs-conseils d'évaluer les lieux d'enfouissement, les niveaux actuels d'émission ou l'étendue de la contamination par le mercure, ou encore les deux. Les employés des fabriques furent très coopératifs et nous communiquèrent les copies de tous les rapports pertinents.

3 RAPPORTS DES VISITES D'USINES

3.1 Conversion par la Saskatoon Chemicals de sa fabrique pour la production de chlore et de soude caustique par le procédé de la cathode de mercure au procédé à diaphragme

3.1.1 Exploitation passée

La fabrique de chlore et de soude caustique de la Saskatoon Chemicals (autrefois Northern Industrial Chemicals Ltd.) a été mise en service en 1962 avec une capacité nominale de 25 t/j, qui passa à 90 t/j en 1968. Avant 1971, les résidus du traitement de la saumure, contaminés par le mercure, étaient rejetés directement dans les égouts; en 1971, on décida d'évacuer ces déchets dans un étang à boues; après décantation, le liquide surnageant était recyclé vers les puits de saumure. En 1972, il fut décidé de retourner les résidus du traitement de la saumure aux puits de saumure, et de recycler les eaux usées contaminées ou de les traiter pour en éliminer le mercure avant leur évacuation. Des dispositifs indirects de refroidissement à l'eau de l'hydrogène gazeux permettaient de réduire les émissions atmosphériques de mercure; le mercure ainsi récupéré était recyclé dans le procédé.

Au milieu des années 1970, on préleva les boues et débris qui s'étaient accumulés à l'emplacement où l'effluent de la fabrique se déversait dans la rivière Saskatchewan-Sud, et ils furent enfouis dans un lieu situé à environ 500 mètres au nord de la fabrique. Ces matériaux furent par la suite enfouis avec les boues de l'étang à boues dans une fosse voisine.

Le fond de la fosse fut recouvert d'une couche d'argile-bentonite, qui fut ameublie puis tassée pour former un milieu imperméable. On ajouta ensuite une couche de tourbe, sur laquelle on déposa les boues contaminées par le mercure. On recouvrit le tout d'une couche d'argile et de terre pour sceller parfaitement la zone de la fosse.

3.1.2 Opérations de démantèlement, conversion et décontamination

Le 2 novembre 1978, la Saskatoon Chemicals, filiale de la Prince Albert Pulp & Paper Co., mit hors service sa fabrique de chlore et de soude caustique de Saskatoon, qui utilisait le procédé de la cathode à mercure, pour convertir ses opérations au procédé utilisant la cellule à diaphragme. Ses activités reprenaient le 10 novembre 1978.

Après la mise hors service, les installations furent démantelées et décontaminées avec l'aide du ministère de l'Environnement de la Saskatchewan. On avait retenu les services d'un ingénieur-conseil pour le choix et l'aménagement de l'emplacement où seraient enfouis l'équipement, les matières solides, etc. Il avait également été chargé de superviser l'enfouissement de l'équipement, et de délivrer un certificat à cet effet. On retira environ 36 000 kg de mercure de l'équipement et on en récupéra 800 autres kilos de la fosse à déchets. Ce mercure fut débarrassé des impuretés, embouteillé et vendu à un marchand reconnu. L'équipement inutilisable, comme les cellules, les décomposeurs, les boîtes d'extrémité, etc., fut démantelé et décontaminé à l'aide de racloirs et d'eau sous haute pression puis enfoui dans la fosse spécialement aménagée. L'eau de lavage fut débarrassée du mercure ou recyclée dans la fosse à sel.

Les cellules à diaphragme furent installées dans une salle construite à côté de celle qui abritait les cellules à mercure. Il ne fut pas nécessaire de décontaminer le circuit de la saumure, i.e. conduites d'alimentation en saumure, réservoirs de réaction, clarificateurs, pompes, dégazeurs et réservoirs à saumure, etc., car on avait conservé le circuit fermé de saumure vers le puits de saumure. Dans un laps de temps relativement court, le mercure présent dans les boues de saumure,

les réservoirs de saumure et dans d'autres pièces d'équipement, a peu à peu quitté le circuit et se trouve maintenant dans une couche de boues au fond de la fosse à sel. En novembre 1978, la teneur en mercure de la saumure pompée des puits était de l'ordre de 1 mg/l, alors qu'elle était d'environ 4 mg/l lorsque la saumure épuisée parvenait aux puits. En juillet 1979, la teneur en mercure dans le circuit de saumure était tombée à environ 0,5 mg/l et elle n'était plus que de 0,2 mg/l, en décembre 1979, et 0,05 mg/l en juin 1980; au début de 1981, la teneur en mercure était inférieure à la limite décelable, comme le montre la figure 1. Ce phénomène est confirmé par la baisse du mercure dans les produits (tels que soude caustique, hypochlorite et HCl). On en comptait environ 1,5 kg/mois en novembre 1978, quantité qui est tombée à 0,1 kg/mois ou moins actuellement. L'ancien circuit d'hydrogène a été jeté et remplacé par un nouveau système de refroidissement. Les réservoirs récepteurs de soude caustique et les filtres à produit caustique ont eux aussi été jetés, mais on a conservé les réservoirs de stockage de la soude caustique ainsi que la plupart de l'équipement servant pour le chlore (par exemple les refroidisseurs, les tours de séchage, les capteurs de brouillard d'acide sulfurique, les compresseurs, les liquéfacteurs et les réservoirs de stockage).

Toutes les matières solides provenant de la fabrique de chlore et des bassins de retenue des effluents et des eaux de ruissellement, contaminées par le mercure, furent également enfouies dans la fosse aménagée ou déversées dans les puits à saumure. Les planchers en béton de la salle des cellules et du soubassement furent démolis et les déblais ont été enfouis. On excava également 1 m de sol environ au-dessous de cette salle; ce sol fut enfoui et remplacé par des matériaux de remblai propres. On coula un nouveau plancher en béton. Les poutres et poutrelles d'acier subirent un décapage au sable et furent repeintes. Le plancher de la section de traitement de la saumure (à l'exclusion des parties occupées par les bases des réservoirs et de la pompe) et une petite quantité du sol situé sous cette section furent enlevés. Le tout sera enfoui dans le prolongement de la fosse à déchets contaminés par le mercure. Un secteur au nord du bâtiment a été bétonné et on y a aménagé un embranchement pour voie ferrée. Tout liquide déversé par accident et toute eau de ruissellement provenant de cette zone s'écoulera vers le puits de descente de la saumure via la fosse de chlorate de sodium. Une description complète et des schémas du site d'enfouissement sont présentés à l'annexe A. Des puits de surveillance ont été installés à des endroits stratégiques à la périphérie de la zone d'enfouissement afin de dépister toute migration de mercure vers les eaux souterraines voisines.

3.1.3 Surveillance

La fabrique est située sur la rive ouest de la rivière Saskatchewan-Sud à environ 30 m au-dessus du niveau de celle-ci. Selon une étude effectuée par J.D. Mollard & Associates Ltd. (1975), les eaux souterraines s'écouleraient vers la rivière plutôt que vers les terres intérieures.

Des puits de surveillance répartis entre la fosse d'élimination des produits contaminés par le mercure et la rivière de même qu'entre la fabrique et la rivière, ont révélé une diminution des teneurs en mercure depuis le remplacement des cellules à mercure par des cellules à diaphragme (de 20-45 µg de Hg/l en 1974-78 à 2-10 µg de Hg/l en 1979-81).

Pendant les trois dernières années, certains des puits de surveillance situés dans l'aire d'élimination des boues ont souvent été à sec. En présence d'eaux souterraines, on a décelé des teneurs moyennes en mercure d'environ 2,5 µg/l, ce qui laisse supposer que le mercure se trouvant dans les boues a été retenu par la tourbe, la bentonite et l'argile.

La société a chargé Beak Consultants Ltd. d'évaluer la qualité de l'effluent de la Saskatoon Chemicals. Leurs principales conclusions relativement à la fermeture de la fabrique étaient les suivantes:

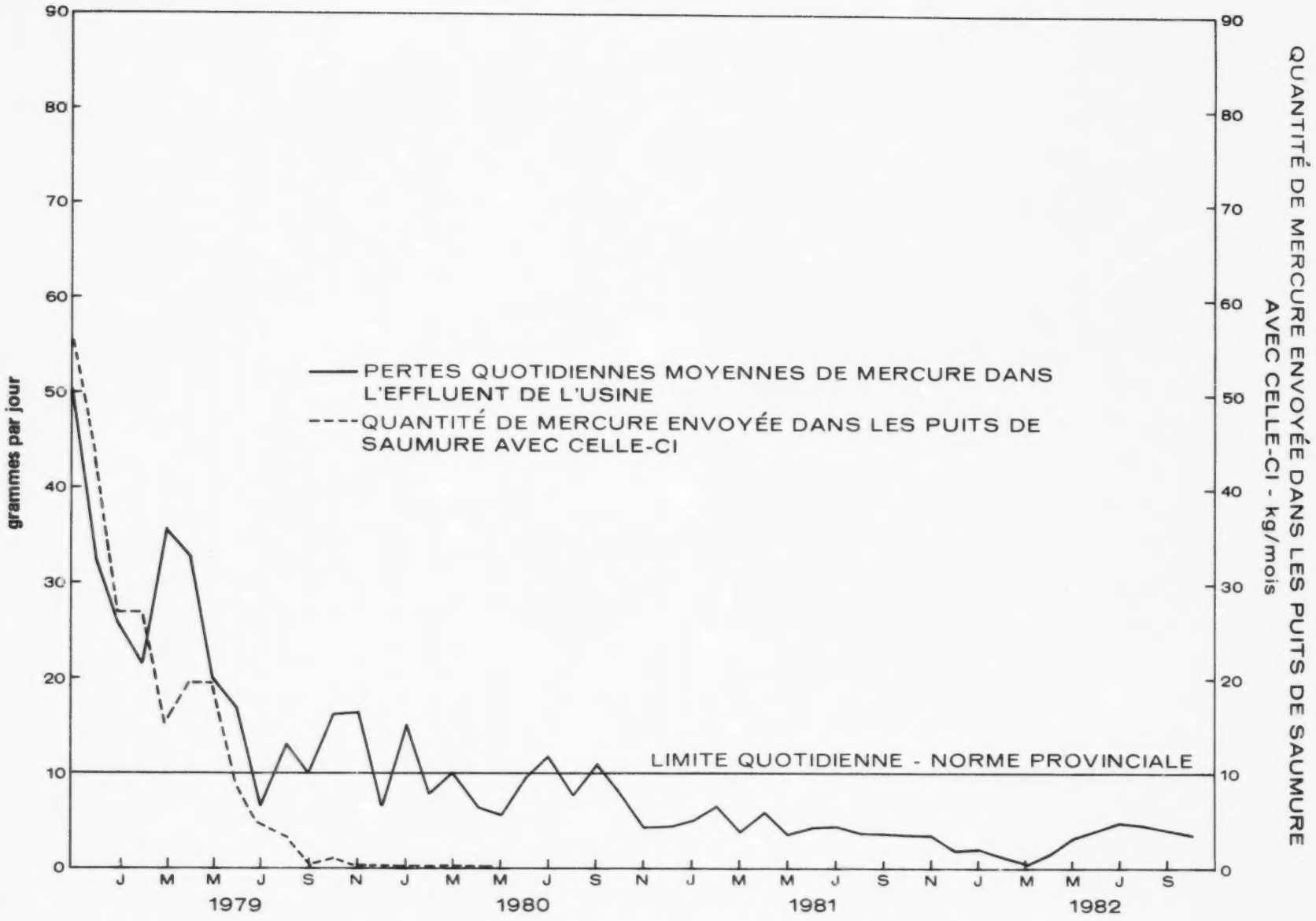


Figure 1 Fabrique de chlore de la Saskatoon Chemicals, à Saskatoon. Fuite de mercure dans les effluents liquides.

a) La perte moyenne actuelle de mercure, soit environ 2 g/j, se situe bien au-dessous des valeurs établies par les normes provinciales et fédérales, et même au-dessous du niveau réalisable avec les meilleures techniques existantes proposé pour l'année 1984 par l'EPA étatsunienne pour les effluents des fabriques de chlore et de soude caustique. On prévoit qu'en 1984, les pertes de mercure par cette fabrique seront de 1 g/j.

b) L'installation d'un dispositif de traitement auxiliaire de l'effluent pour réduire encore plus les pertes de mercure ne semble pas nécessaire et ne servirait peut-être à rien. Surveillance, entretien et nettoyage réguliers devraient suffire pour éviter les pertes de mercure dans le réseau hydrographique. Il faut essayer d'éviter le plus possible les déversements accidentels d'hypochlorite et d'acide lors de la manutention.

c) Pour toute expansion de l'usine ou construction nouvelle, il faudra tenir compte de la migration éventuelle de mercure qui pourrait en résulter. Dans ce cas, des mesures de surveillance et des moyens de nettoyage devront être prévus.

3.1.4 Autres mesures prévues ou en cours

1. Des améliorations vont être apportées aux planchers, égouts et puisards dans l'aire de liquéfaction du chlore.

2. Les tours de séchage du chlore doivent être enlevées et remplacées. Une paroi de retenue et un puisard seront installés. Tout déversement accidentel sera recueilli et recyclé dans l'usine ou neutralisé et envoyé dans les puits de saumure.

3. Les épurateurs de l'hypochlorite de sodium doivent être enlevés et remplacés. Une paroi de retenue et un puisard seront installés pour recueillir tout déversement. Les matériaux déversés seront traités pour l'élimination de l'hypochlorite, puis envoyés dans la fosse à sel.

4. Certains secteurs autour de l'usine, dans les égouts et le bassin d'eau pluviale, renferment encore des teneurs assez élevées en mercure (plus de 10 parties par million). Les matériaux solides seront enlevés et enfouis.

5. Une étude sera entreprise pour déterminer le moyen le plus efficace pour recueillir et séparer les produits déversés en cours de déchargement. Ces matériaux seront recyclés ou envoyés dans la fosse à sel.

3.1.5 Conclusions

1. Un circuit fermé de saumure vers les fosses de sel souterraines a permis à cette usine de ne déverser que de faibles quantités de mercure dans les effluents liquides, plus précisément de 1 à 5 g/j, en moyenne, pour l'ensemble des eaux résiduaires et des écoulements d'averse.

2. Une fois les travaux de nettoyage terminés, c'est-à-dire lorsque le sol à forte teneur en mercure sera enlevé et enfoui et que les fuites de produits chimiques vers l'égout seront éliminées, les pertes de mercure vers l'effluent à partir de cette fabrique devraient demeurer relativement faibles, soit aux alentours de 1 g/j.

3. Les teneurs en mercure dans les puits de surveillance autour de l'usine et l'aire d'enfouissement ont révélé une certaine baisse depuis la suppression des cellules à mercure. Étant donné que la fosse d'enfouissement des déchets contaminés par le mercure ne se trouve qu'à environ 250 m de la rivière, il faut maintenir une surveillance très étroite.

3.2 Fermeture de la fabrique de chlore et de soude caustique par le procédé à cathode de mercure, de la Domtar, à Lebel-sur-Quévillon

3.2.1 Exploitation passée

Cette fabrique est entrée en service en 1967 avec une capacité nominale de 75 tonnes de chlore par jour. Avant 1971, les résidus solides et les eaux usées contaminés par le mercure étaient directement déversés dans les égouts; en 1971, des mesures furent prises afin de réduire les émissions de mercure dans les effluents et les matières solides, ainsi que dans l'atmosphère. Les eaux résiduaires contaminées par le mercure furent séparées des eaux usées non contaminées et on recycla une partie des eaux contaminées. La quantité d'eaux usées à traiter était diminuée d'autant. On installa un système de traitement utilisant du sulfure de sodium, des filtres à sable et des filtres à charbon activé, ainsi qu'une nouvelle station d'échantillonnage avec échantillonneurs et débitmètres permettant de mesurer la quantité totale d'eaux usées évacuées par l'usine, soit les eaux de surface, l'eau de fabrication, les eaux pluviales, l'eau de refroidissement et l'effluent des égouts sanitaires. Les résidus solides contaminés furent déversés dans une aire de rejet des boues, et recouverts de chaux et de polysulfure de sodium pour y maintenir un pH alcalin. Pour réduire les émissions atmosphériques, des refroidisseurs primaires et secondaires furent installés dans le circuit de l'hydrogène et des purificateurs mis en place dans les cheminées des produits caustiques et de l'hydrogène.

3.2.2 Démantèlement partiel et décontamination

Le 15 mai 1978, la Domtar mit hors service sa fabrique de chlore et de soude caustique pour une période indéfinie. Depuis l'arrêt des activités, un certain nombre de mesures ont été prises pour réduire les fuites de mercure provenant de cette fabrique. Le programme de prévention s'est révélé dans l'ensemble très satisfaisant car les fuites de mercure dans l'égout ont baissé graduellement depuis 1978, comme l'illustre la figure 2.

Tout l'équipement a été débarrassé du mercure, qui a été revendu à un marchand reconnu. Toutes les matières solides, riches en mercure, comme le graphite des décomposeurs, les anodes usées, etc., furent chargées dans des barils garnis de sacs en plastique, et expédiées aux États-Unis.

Les matières solides à forte teneur en mercure, telles que matières de la filtration du produit caustique, le charbon activé et le sulfure mercurique provenant du système de traitement des eaux, le chlorure de mercure, les boues provenant des canalisations et des réservoirs de stockage de la salle des cellules, etc., furent chargées dans des barils et expédiées à St. Catherines pour la récupération du mercure. Sept cent cinquante kilos de mercure ont ainsi été récupérés.

Les cellules, les décomposeurs, les pompes à mercure, etc., subirent ensuite un lavage à l'eau sous haute pression. Ces appareils furent enveloppés de matière plastique, et les couvercles des cellules ont été remis en place et boulonnés.

La tuyauterie des cellules, des pompes, des décomposeurs, des collecteurs d'hydrogène et de produits caustiques, etc., a été démontée, débarrassée du mercure par drainage, puis lavée avec de l'eau sous haute pression. Une partie de cette tuyauterie a été enfouie dans l'aire d'élimination; le reste fut coupé en courts morceaux, chargé dans des barils, et expédié aux États-Unis pour enfouissement. Toutes les eaux de lavage subirent un traitement pour en éliminer le mercure. Près de 1500 kg de mercure ont été récupérés lors du nettoyage des circuits de produits caustiques, de saumure, de chlore et de chlorate.

Les fosses et les réservoirs ont tous été vidés et décontaminés. Certaines pièces d'équipement servent toujours. D'autres réservoirs et pièces d'équipement ont été enlevés et sont entreposés dans une aire adjacente à l'usine.

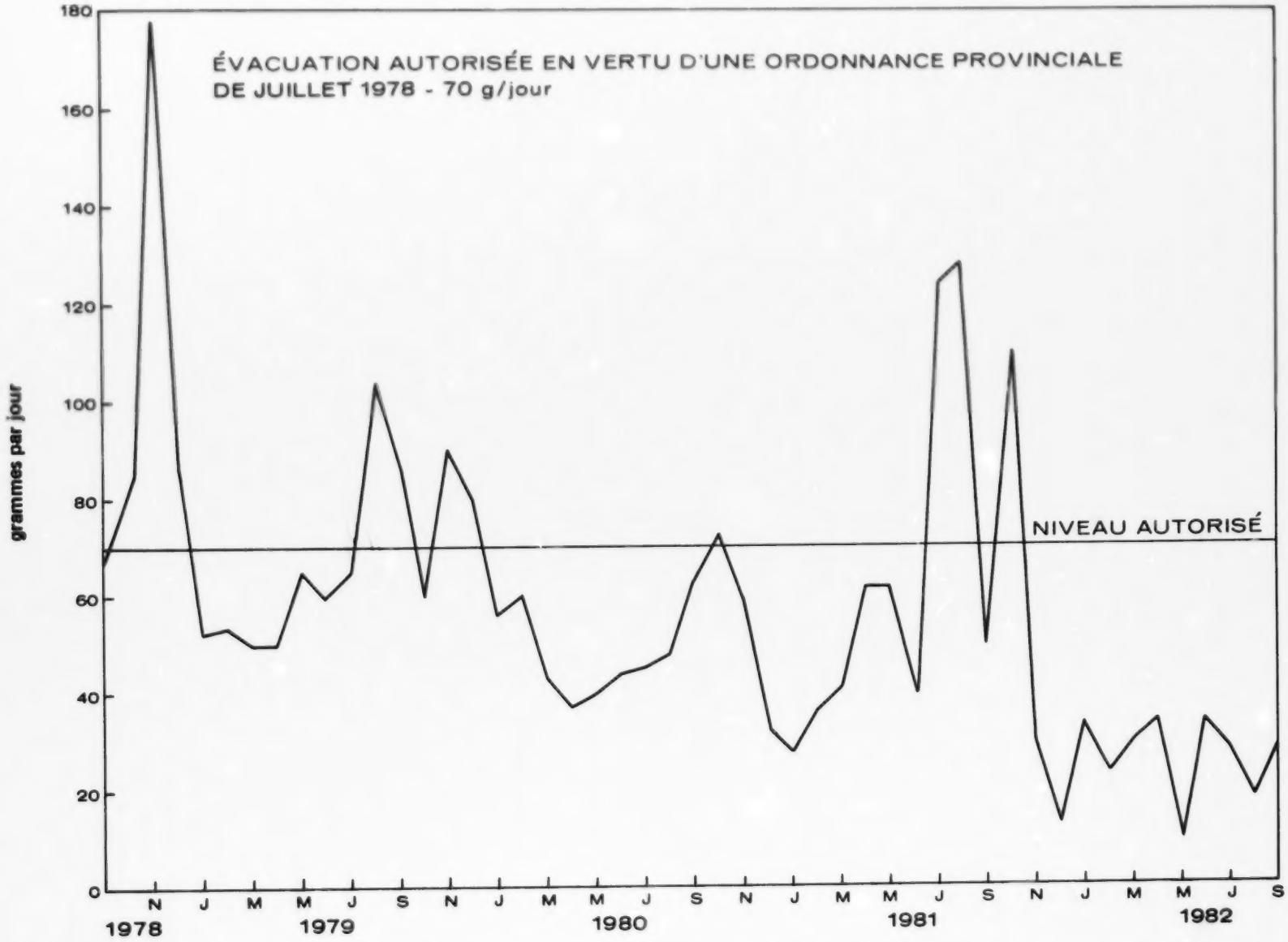


Figure 2 *Fabrique de chlore de la Domtar, à Lebel-sur-Quévillon.*
Fuite de mercure dans les effluents liquides.

La dalle craquelée de la salle des cellules a été démolie et les déblais chargés dans des barils. Les autres planchers furent nettoyés, réparés et enduits d'un revêtement protecteur.

Le bâtiment a subi un double lavage à l'eau sous haute pression. Des analyses ont révélé que la teneur en mercure dans l'air est relativement faible (< 0,01 mg/m^3).

Depuis la fermeture de sa fabrique de chlore, la Domtar achète le chlore, la soude caustique, le chlorate et l'acide sulfurique dont la papeterie a besoin. Ces produits chimiques arrivent dans des wagons-citernes qui sont déchargés dans les réservoirs respectifs de stockage non condamnés. Pendant les quatre dernières années, les pertes de produits chimiques, presque inévitables lors du déchargement ou du transfert de ces produits, ont provoqué le lessivage de mercure à partir d'anciens égouts ou de sol contaminé au-dessous de la fabrique de produits chimiques, ce qui a provoqué des fuites anormalement élevées de mercure dans les effluents. En outre, des pertes d'acide ont causé une augmentation de la température de l'effluent dans les égouts en CPV, entraînant leur rupture.

Les fortes pertes de mercure, environ 95 g/j, proviendraient principalement des pertes de produits chimiques qui entraînent par lessivage le mercure du sol, des tuyaux d'égouts, etc., de fissures dans les canalisations souterraines d'égouts qui permettent aux eaux usées renfermant des acides, des produits caustiques et des oxydants d'entraîner par lessivage le mercure à partir du sol contaminé, et du mauvais fonctionnement du système de traitement des eaux usées pour l'élimination du mercure. Pour corriger cette situation, l'aire de déchargement fut nivelée, et on la revêtit d'un tablier en béton protégé par une résine époxyde. Chaque section de déchargement fut séparée par un muret. Tout déversement de chlorate est d'abord acheminé vers le système de traitement pour l'élimination du mercure, avant de parvenir à l'égout pour eaux de fabrication; toute perte d'acide et de SO_2 s'écoule dans la fosse de retenue de l'effluent, et toute fuite de soude caustique est dirigée vers l'égout des eaux résiduaires de refroidissement. L'acide sulfurique, transporté par wagons-citernes, est déchargé dans le réservoir prévu pour l'acide. Le trop-plein de ce réservoir se déverse maintenant dans un réservoir qui servait autrefois à stocker la saumure peu concentrée. Si ce réservoir venait à déborder, l'acide se déverserait dans la fosse de retenue des eaux usées.

Certaines conduites d'égouts furent réorientées ou remplacées, ou encore carrément modifiées, et ont été rendues étanches. Des instruments supplémentaires tels que des avertisseurs de niveau, des conduites de trop-plein de réservoirs et d'autres pièces ont été installés pour diminuer les risques de débordement. L'égout sanitaire a été isolé de l'égout pour eaux pluviales et son effluent contourne le système de traitement. La figure B.1 montre la disposition du réseau d'égouts à cette usine.

Une des causes de la forte fluctuation du pH dans l'égout pluvial a été éliminée grâce au mélange des eaux usées provenant des filtres de H_2SO_4 avec l'eau usée issue des générateurs de dioxyde de chlore, et de l'utilisation de ces eaux pour la récupération de la liqueur de cuisson de la pâte kraft.

L'égout d'acide a été mis hors service et isolé. L'effluent de cet égout est maintenant pompé dans le système de traitement des eaux usées. Une canalisation de trop-plein a été installée du réservoir d'acide de tête jusqu'à la citerne de déchargement, et le renvoi de plancher sous le réservoir d'acide débouche dans la fosse de retenue des eaux usées. Le circuit de l'acide se trouve ainsi complètement isolé des autres sections, ce qui élimine une cause importante de pertes de mercure dans les effluents.

Les débordements des réservoirs de stockage de soude caustique à 50 p. 100 et 10 p. 100 se déversent dans l'égout d'eau de refroidissement. Un mur de soulèvement qui entoure le réacteur d'hypochlorite de sodium est relié à une fosse qui permet de recueillir tous les rejets.

L'hypochlorite recueilli est retourné au réacteur. Le trop-plein du réservoir de stockage d'hypochlorite s'écoule dans l'égout de l'eau de refroidissement. L'eau d'étanchéité des pompes à acide et d'effluent est envoyée dans la section du dioxyde de chlore, alors que celle de la pompe à hypochlorite est évacuée dans l'égout d'eaux de refroidissement. Toutes les sections endommagées d'égouts sanitaires, d'eau de fabrication et d'eau de refroidissement furent remplacées, et les autres furent nettoyées. Tous les effluents à forte teneur en mercure sont traités pour l'éliminer. Des études effectuées par le centre de recherches de la Domtar montrent que le chlorate augmentait la teneur en mercure des eaux résiduaires et qu'il était plus difficile de les débarrasser du mercure. Il a donc fallu modifier le trajet des eaux résiduaires contenant du chlorate de façon à ce qu'elles contournent les eaux usées à traiter.

Un système de recirculation a été intégré au réseau de traitement de l'égout pluvial. En présence d'oxydants, comme NaOCl ou $NaClO_3$, l'eau de cet égout est recirculée et on ajoute de l'hydrazine pour détruire les oxydants. Grâce à un système de mesure du potentiel d'oxydoréduction les eaux usées sont automatiquement recirculées si elles contiennent des oxydants. Un avertisseur sur le tableau de commande signale la présence d'oxydants dans l'égout.

L'eau de drainage de la périphérie du bâtiment se déverse dans un regard d'égout, d'où elle est pompée dans un décanteur. Une électrode d'oxydoréduction est installée dans l'égout, ce qui permet de déceler toute perte d'hypochlorite ou de chlorate et d'ajouter assez d'hydrazine pour détruire les oxydants présents. Un pH-mètre automatique maintient le pH des eaux usées entre 11 et 11,5 grâce à l'apport de NaOH. L'eau de l'égout à acide et de la salle des cellules est recueillie et neutralisée. Le liquide surnageant du décanteur est échantillonné et le débit mesuré à l'aide d'un déversoir. Les matières solides retirées du fond du décanteur sont traitées au sulfure ou au disulfure de sodium puis déversées dans la fosse à déchets.

Les déchets solides contaminés par le mercure qui n'avaient pas été expédiés aux États-Unis pour enfouissement, ainsi que quelques pièces d'équipement contaminées, furent enfouis dans une fosse. L'annexe B donne une description et présente des schémas de l'aire d'élimination des boues utilisée entre 1971 et 1977, et de la fosse d'élimination des boues qui est toujours en service.

3.2.3 Surveillance

Des puits de surveillance sont répartis stratégiquement autour des deux aires d'élimination, de façon à pouvoir suivre et mesurer la migration du mercure à partir de ces aires jusque dans les eaux souterraines voisines. Chaque mois, des échantillons sont prélevés pour analyser leur teneur en sodium et en mercure.

En outre, des échantillons sont prélevés en un certain nombre de points dans l'usine, ainsi qu'au point de déversement de l'effluent terminal, qui rassemble les eaux de refroidissement, l'eau de fabrication, l'effluent des égouts sanitaires, l'eau de ruissellement de surface et les eaux de drainage des précipitations. Les résultats des mesures quotidiennes des déversements de mercure par l'usine sont soumis chaque mois aux organismes provincial et fédéral responsables pour l'environnement.

3.2.4 Autres mesures prévues ou en cours

1. Un mur de retenue doit être construit autour du réservoir de stockage du chlorate de sodium. Débordements et fuites seront recueillis dans un puisard et recyclés.

2. Le système de stockage des réactifs et de transport des déchets solides vers l'aire d'élimination des boues doit être amélioré.

3. La tuyauterie a été, après lavage, coupée en morceaux d'environ 1 mètre de longueur, et chargée dans des fûts métalliques. Ceux-ci seront expédiés aux États-Unis pour élimination. Ils seront clairement identifiés (nom de la société et contenu).

3.2.5 Conclusions

1. Les mesures prises par la Domtar pour réduire les pertes de mercure dans les effluents ont entraîné une diminution graduelle des pertes au cours des quatre dernières années.

2. Le Centre de recherche de la Domtar a évalué un système de filtration à membrane qui permettrait de réduire les pertes de mercure en provenance de l'égout qui recueille les eaux à la périphérie de la fabrique. Ce système a été mis de côté suite à la baisse sensible des pertes de mercure enregistrées après les améliorations apportées en 1981 et 1982. Si toutefois ces pertes augmentaient en raison de ruissellement et d'infiltration accrus, il faudrait alors installer sans délai le système de filtration à membrane ou un système de traitement des eaux usées qui permettrait des variations plus grandes du débit, du pH et du potentiel d'oxydo-réduction. Quel qu'il soit, le système devrait être maintenu en service jusqu'à ce que les pertes de mercure aient baissé à moins de 5 g/j.

3. Il faudra s'efforcer de localiser, d'enlever et d'enfouir (dans l'emplacement approuvé) le sol des environs de l'usine ayant une forte teneur en mercure.

3.3 Fermeture de la fabrique de chlore et de soude caustique par procédé à cathode de mercure de l'ALCAN, à Jonquière

3.3.1 Exploitation passée

L'ouverture de cette fabrique remonte à 1947. Elle avait alors une capacité de 36 tonnes par jour. Des agrandissements successifs portèrent cette capacité à 90 tonnes de chlore par jour, dès 1965. Avant 1970, les matières solides du traitement de la saumure, contaminées par le mercure, les boues de la salle des cellules, etc., étaient déversées directement dans l'égout. Les anodes usées, les pièces d'équipement hors d'usage, etc., étaient enfouies dans l'aire d'élimination des déchets solides de l'usine.

À la lumière des renseignements relatifs aux dangers résultant des déversements de mercure, ALCAN prit en 1970 des mesures pour réduire ces pertes.

De 1971 à 1976, toutes les matières solides et provenant du traitement de la saumure, furent recueillies dans une fosse, traitées à l'aide de sulfure de sodium et confinées dans deux bassins à boues rouges situés à environ 1,6 km au sud-est de la fabrique. Ces bassins avaient été aménagés entre 1940 et 1950 pour éliminer les résidus (oxydes de fer, de silicium et de titane) de la production d'alumine à partir de bauxite (voir figure C.1 de l'annexe C). Les eaux résiduaires contaminées par le mercure et qui ne pouvaient être recyclées étaient traitées au Na_2S pour éliminer le mercure, puis filtrées. La soude caustique produite était également filtrée pour en éliminer le mercure. Les deux gâteaux de filtration secs en résultant ainsi que les anodes usées et d'autres résidus solides contaminés par le mercure, étaient également évacués dans les bassins à boues rouges. L'installation d'une unité de réfrigération et d'un dispositif antibrouillard Brinks dans le circuit d'hydrogène gazeux permit de réduire les émissions atmosphériques de mercure.

Le 2 juin 1976, cette usine cessait toutes activités en raison d'une grève qui dura quatre mois et demi. À la fin de la grève, la fabrique resta fermée, et en février 1977 il fut décidé d'abandonner définitivement la production. Les opérations de démantèlement et de décontamination avaient été longuement discutées avec les responsables du ministère de l'Environnement du Québec.

3.3.2 Études effectuées avant le démantèlement

En 1977, ALCAN entreprit des études pour déterminer la capacité d'absorption du mercure par les boues rouges. Ces études montrèrent que les boues rouges possédaient certaines propriétés d'absorption-chélation. Les recherches sur les propriétés complexantes du mercure avec la boue rouge effectuées par Couplan Inc. à la demande de l'ALCAN, appuient ce constat. Les résultats indiquent que:

1) Les propriétés complexantes atteignent très rapidement un état d'équilibre.

2) À pH 13, la teneur en ion mercure dans la phase aqueuse était d'environ 2,5 p.p.m., comparativement à 5 p.p.m. à pH 10 ou moins (ce qui correspond à la teneur initiale en mercure de la solution ajoutée à la boue rouge).

3) À pH 13 et à une teneur initiale de 41 p.p. milliard de mercure, le passage du mercure, de la solution dans les matières solides abaissait cette teneur à 11 p.p. milliard. Pour des pH de 7, 8, 9 et 10, le transfert du mercure de la solution dans les solides était très faible.

4) Lorsque le mercure est à l'état métallique, aucun transfert dans la solution n'est intervenu à pH 13.

5) À pH 13, le lessivage du mercure absorbé par les boues rouges ou formant un complexe avec celles-ci, est minime.

6) Ce lessivage est nul à pH 7, avec du mercure à l'état métallique. À pH 13, on notait un très faible lessivage (0,1 p.p. milliard).

7) Si les conditions dans les bassins demeurent les mêmes, la teneur en mercure dans l'eau d'infiltration du bassin devrait rester inférieure à 10 p.p. milliard.

En conséquence, ALCAN est d'avis que le mercure présent dans les bassins est bien stabilisé. Cette opinion a été confirmée par les études commandées à Géocon Ltée et qui révèlent que:

1) Le débit d'eau souterraine à partir du bassin 2 vers la zone voisine est de l'ordre de 135 à 180 m^3/j (sauf en hiver);

2) La teneur en mercure de l'eau souterraine est de l'ordre de 0,15 à 3,5 p.p. milliard;

3) La quantité de mercure perdue par le bassin 2, et entraînée dans l'eau souterraine, est évaluée à environ 0,4 g par jour aux débits et à la teneur indiqués.

Les deux bassins à boues rouges qui s'étendent sur une surface de 14 ha renferment plus de un million de tonnes de boues rouges. Étant donné la quantité de mercure déjà déversé dans ces deux bassins (entre 25 et 30 tonnes), et à la lumière des propriétés complexantes de ces boues, ALCAN décida que la meilleure solution consistait à enfouir dans ces bassins les matériaux, matières et pièces d'équipement provenant de la fabrique démantelée.

3.3.3 Opérations de démantèlement et de décontamination

Dès la fermeture de l'usine, la saumure qui se trouvait dans le système fut amenée au pH désiré; après destruction du chlore résiduel, la saumure fut traitée pour en extraire le mercure, puis lentement évacuée dans l'égout.

Tout le mercure recueilli des cellules, des boîtes d'extrémité, des pompes à mercure, des décomposeurs, de la tuyauterie, etc., fut chargé dans des bouteilles en acier et vendu à un marchand reconnu. Le chlorure de mercure et d'autres matières solides riches en mercure furent placés dans des barils en acier garnis de polyéthylène, et vendus à une tierce partie pour la récupération du mercure.

Tous les saturateurs de saumure, les décanteurs, les réservoirs, les filtres, les refroidisseurs, les pompes, les dispositifs de déchloration et les absorbeurs de chaux, après un lavage à l'eau sous haute pression, furent enfouis dans l'aire désignée.

L'équipement peu contaminé par le mercure provenant de la section du chlore, comme les refroidisseurs, les tours de séchage, les ventilateurs auxiliaires, les pompes, les séparateurs d'acide, les dispositifs d'élimination de brouillard, les filtres, les refroidisseurs d'acide, les réservoirs de stockage, les refroidisseurs de chlorure de calcium, les compresseurs, les liquéfacteurs, etc., fut transporté jusqu'à la cour à ferraille pour récupération.

Cellules, décomposeurs, vieilles anodes de graphite, pompes à mercure, boîtes d'extrémité, boîtes latérales, distributeurs de saumure et d'eau douce, collecteur d'hydrogène, refroidisseurs d'hydrogène, pièges, compresseur d'hydrogène, épurateur d'hydrogène, soufflerie pour l'hydrogène, réservoirs de stockage de l'HCl, absorbeur de HCl, réservoirs récepteurs pour soude caustique, réservoirs de stockage de la soude caustique, pompes pour la soude caustique, et beaucoup d'autres pièces, comme des tuyaux, des robinets, des supports, etc. furent lavés à grande eau et enfouis sous plusieurs mètres de boues rouges au milieu des bassins. Certaines pièces d'équipement, comme les barres omnibus en cuivre, le refroidisseur en titane, un groupe électrogène de secours, un compresseur à fréon, des échangeurs thermiques, des filtres U.S. et Fonda, des pompes en titane, des réservoirs en fibre de verre et des épurateurs, et enfin plusieurs moteurs électriques, furent soit vendues ou réutilisées, après nettoyage.

Après que tout l'équipement eut été retiré de l'extrémité sud de l'usine, les murs, le toit, les poutres et le plancher subirent un lavage à l'eau sous haute pression. Les puisards furent remplis de gravier et bouchés à l'aide de béton; après lavage, les renvois furent obturés avec du béton. Toute l'eau de lavage fut débarrassée du mercure avant d'être éliminée.

Les piliers en béton et le plancher surélevé de la salle des cellules furent démolis et les déblais ont été enfouis dans les bassins à boues rouges. Les murs et le toit de la salle où se trouvaient les cellules subirent ensuite un lavage à l'eau. Le plancher fut décontaminé et lavé à l'eau. Les égouts, les puisards et les caniveaux furent remblayés et bouchés avec du béton. On scella hermétiquement à l'aide de béton les canalisations qui servaient à collecter et à traiter les eaux usées, situées sous le soubassement. Les planchers des sections nord et sud de la fabrique furent recouverts d'une couche d'environ 0,5 m de béton armé. Les murs de la section nord furent lavés et peints. Les murs et les plafonds des bureaux aménagés dans une partie de la section sud furent recouverts d'un matériau se mariant avec le décor; pour le reste, ils furent simplement lavés et peints.

Dans les terrains est et ouest on enleva 10 à 12 cm de sol. L'égout pluvial fut bouché, et un nouvel égout installé. Le tout a été asphalté pour empêcher toute infiltration.

Le système de traitement et de filtration des eaux usées demeura en service jusqu'au parachèvement du démantèlement et de la décontamination de la fabrique. Toute l'eau utilisée au cours de ces opérations et qui était contaminée par le mercure fut traitée avant évacuation. Tout l'équipement ayant servi à traiter les eaux usées fut enfoui dans les fosses à boues rouges.

L'annexe C donne les détails complets ainsi que les schémas relatifs au lieu d'enfouissement des éléments contaminés par le mercure.

3.3.4 Surveillance

On a mesuré à plusieurs reprises les teneurs ambiantes en mercure dans la section de l'entretien, des bureaux, ainsi que sur les terrains de l'usine. Les résultats étaient nettement inférieurs à 0,05 mg/m^3.

La quantité de mercure qui passe dans les effluents liquides est mesurée régulièrement dans les égouts près de la fabrique démantelée et le lieu d'enfouissement des déchets (bassins à boues rouges 2 et 3A). Les pertes de mercure sont en moyenne de 2 à 5 g/j.

3.3.5 Autres mesures prévues ou en cours

Des échantillons d'eaux résiduaires provenant de l'emplacement où se trouvait la fabrique de chlore et de soude caustique démantelée seront analysés régulièrement afin de s'assurer qu'il n'y a pas lessivage de mercure. Des échantillons d'eau de ruissellement et d'infiltration provenant des bassins à déchets, où sont enfouis les éléments contaminés par le mercure, seront prélevés régulièrement pour s'assurer qu'il n'y a pas lessivage ni migration de mercure.

3.3.6 Conclusions

1. La fabrique de chlore et de soude caustique qui a été démantelée et décontaminée, et qui abrite maintenant des bureaux et des ateliers pour légers travaux d'entretien mécanique ne devrait pas constituer une source majeure de contamination de l'environnement par le mercure si l'ensemble de la zone visée ne subit pas de bouleversements profonds. Dans le cas contraire, par exemple si d'autres activités sont prévues dans le même secteur, il faudra démolir le soubassement et les tunnels qui se trouvent au-dessous et excaver le sol. Les déblais devront être enfouis dans un site d'enfouissement approuvé.

2. La couverture végétale qui recouvre maintenant les deux bassins devrait en accélérer l'assèchement, et ainsi réduire le ruissellement et l'infiltration. Si le lessivage d'acide à partir des gisements de gypse se trouvant dans la zone des bassins acidifiait le pH des eaux souterraines, le lessivage du mercure pourrait alors poser un problème auquel il faudrait faire face par des moyens comme le renforcement du dôme imperméable en argile ou la construction d'un mur imperméable le long du périmètre des bassins, ou encore le traitement des eaux de ruissellement pour en éliminer le mercure.

3.4 Conversion de la fabrique de chlore et de soude caustique par cathode de mercure de la Great Lakes Forest Products Ltd., à Dryden (Ont.) au procédé de la cellule à diaphragme

3.4.1 Exploitation passée

Cette fabrique qui appartient maintenant à la Great Lakes Forest Products Ltd. mais était autrefois une filiale de la Reed, opérant sous le nom de Dryden Chemicals Ltd., a été mise en service en 1962, avec une capacité nominale de 33 tonnes de chlore par jour. Elle était équipée de cellules à mercure. Avant 1970, les matières solides du filtre de saumure contaminées par le mercure et les boues de saumure étaient déversées dans la rivière Wabigoon tout comme les autres déchets avec, comme conséquence, la contamination des sédiments en aval de l'usine.

En mars 1970, la Ontario Water Resources Commission intimait la Dryden Chemicals d'apporter des transformations à sa fabrique de façon à pouvoir recycler les eaux usées et traiter les déchets pour en éliminer le mercure. Dès lors, l'eau usée contaminée par le mercure qui ne pouvait être recyclée fut traitée au sulfure. Les boues provenant des réservoirs de traitement de l'effluent, les boues de la filtration de la saumure, le graphite des cellules et d'autres quantités plus faibles de matières solides contaminées par le mercure étaient mélangés avec du béton et du sable et enfouies dans une fosse spéciale garnie de polyéthylène et recouverte d'argile tassée.

Le refroidissement des gaz libérés par les cellules et de l'hydrogène gazeux permettait également de diminuer la quantité de mercure libéré dans l'air.

3.4.2 Opérations de démantèlement, de conversion et de décontamination

Le 21 octobre 1975, la fabrique cessait ses activités pour permettre la conversion du procédé à cathode de mercure au procédé à diaphragme perméable aux ions sodium. La production reprit le 19 novembre suivant.

Les opérations de démantèlement et de décontamination se sont déroulées en deux phases. Dans un premier temps, on récupéra tout le mercure possible et on le revendit à un marchand reconnu. Tous les réservoirs, puisards, caniveaux etc., furent vidés des boues contaminées par le mercure, qui furent enfouies mélangées à du sable et du ciment dans des fosses garnies de polyéthylène.

La majeure partie de l'équipement du circuit de la saumure (saturateurs, décanteurs, filtres, réservoirs de stockage, réservoirs de saumure déchlorée et le dégazeur), a pu être réutilisé après lavage à l'eau sous haute pression. Toute l'eau de nettoyage fut recueillie et traitée pour en éliminer le mercure avant de la rejeter.* D'autres pièces d'équipement du circuit de saumure, comme les pompes, le réservoir récepteur de saumure, le dégazeur sous vide et la majeure partie de la tuyauterie, furent remplacées. À l'exception du compresseur et du séparateur, on remplaça complètement l'équipement du circuit d'hydrogène. Aucune transformation n'a été apportée au circuit d'hypochlorite de sodium; on s'était toutefois assuré qu'il ne contenait pas de mercure. Le circuit du chlore fut équipé d'une nouvelle tuyauterie et de nouvelles tours de séchage. Toutes les autres pièces d'équipement, comme le compresseur, les installations de stockage, etc., retrouvèrent leur utilisation après qu'on eut vérifié qu'elles n'étaient pas contaminées par le mercure. Toute la tuyauterie reliant les décomposeurs au réservoir récepteur de soude caustique, le réservoir lui-même et le filtre de la soude furent enlevés, nettoyés et enfouis. Le réservoir de stockage de soude caustique à 50 p. 100 fut réutilisé après nettoyage.

Une quantité considérable de mercure a été récupérée au cours des opérations de démantèlement, notamment dans les cellules, les décomposeurs, les puisards, les pompes, les boîtes d'entrée et de sortie, et les réservoirs récepteurs de soude caustique. Du mercure a également été récupé en quantité variable dans le réservoir de tête pour eau douce, la tuyauterie à produit caustique, le collecteur d'hydrogène, les filtres à hydrogène, les refroidisseurs et séparateurs pour hydrogène, l'évent à hydrogène, le plancher, les rigoles, et les conduites d'eau douce.

La seconde phase consistait à décontaminer tout l'équipement devant être enfoui, ainsi que les pièces prévues pour la revente, comme les barres omnibus en cuivre, les moteurs, etc. Tout l'équipement non réutilisé, comme les cellules, les dénudeurs, les pompes et les refroidisseurs de mercure, les réservoirs, les refroidisseurs et les épurateurs d'hydrogène, la tuyauterie, les filtres à soude caustique, les pompes à saumure, le collecteur d'hydrogène, les bacs à mercure, etc., fut lavé avec de l'eau sous haute pression et enfoui dans des fosses garnies de polyéthylène.

Une fois toutes les pièces enfouies, on coula du béton dans les fosses, et on les recouvrit d'une couche de matière plastique, puis d'argile. L'une des fosses comporte un fond en béton, sous lequel se trouve un tuyau perforé qui permettra de recueillir toute eau d'infiltration et de la traiter, si infiltration il y a. Un représentant du ministère ontarien de l'Environnement et un consultant ont assisté aux opérations de démantèlement et de décontamination, et à l'enfouissement.

Le lavage à fond du plancher, la remise en état (comprenant la pose d'un nouveau recouvrement) d'une partie de celui-ci, la démolition du plancher en béton du soubassement et l'excavation de la couche supérieure de sol sous la zone du réservoir récepteur de produit caustique et celle du compresseur pour le chlore, le remplacement par des conduites en CPV des rigoles d'évacuation recouvertes de céramique se trouvant dans le soubassement sous la salle

*L'échangeur thermique de la saumure fut nettoyé à l'acide et rincé à l'eau.

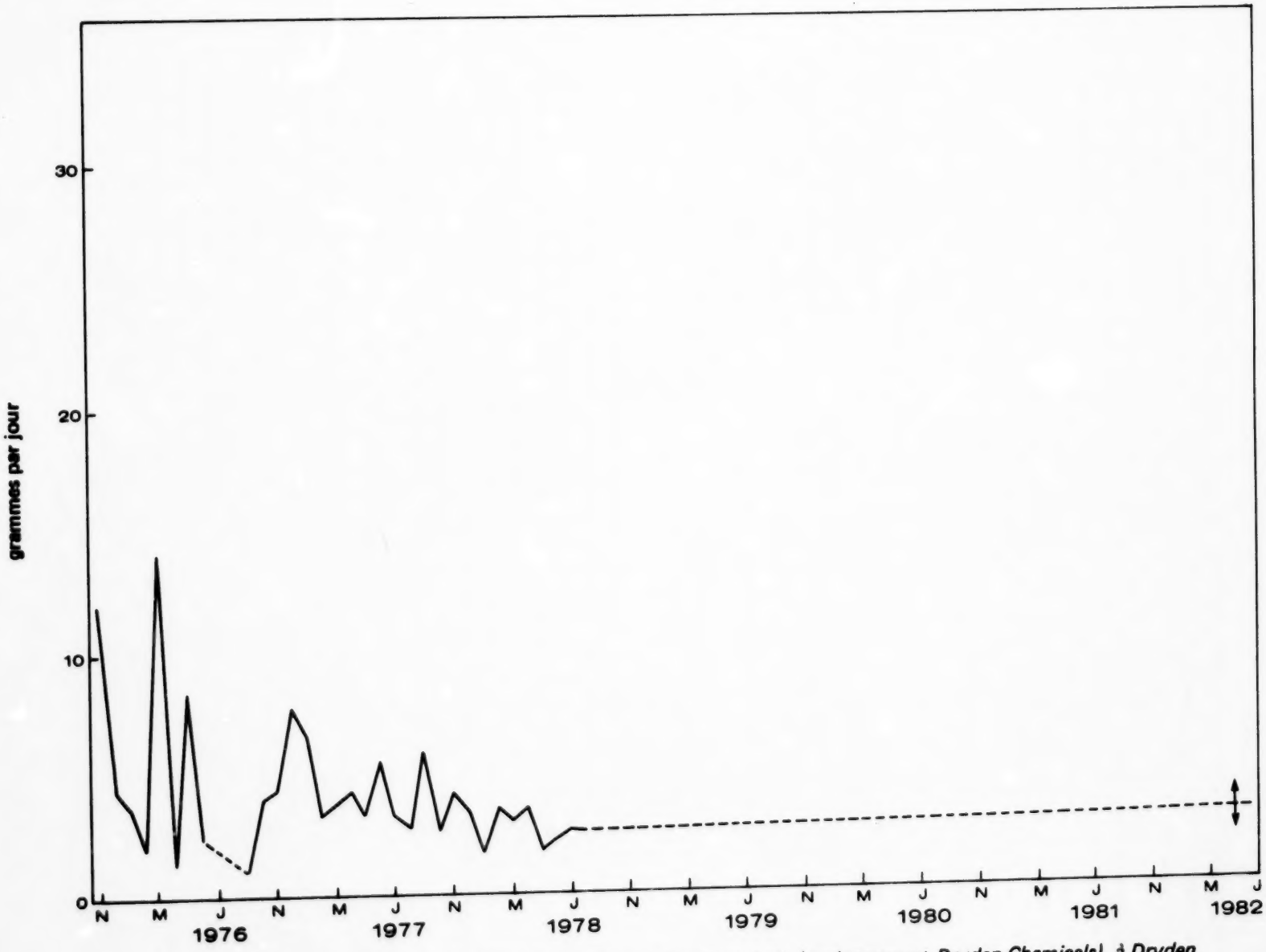


Figure 3 *Fabrique de chlore de la Great Lakes Forest Products Ltd. (anciennement Dryden Chemicals), à Dryden. Fuite de mercure dans les effluents liquides.*

des cellules, le lavage et la peinture de certains murs et poutres de ladite salle, ainsi que l'installation de nouveaux égouts entre l'usine de produits chimiques et la fabrique de pâtes et papier, sont autant de mesures prises pour réduire le plus possible les pertes de mercure.

En 1978, la chaussée bordant la rivière fut drainée et couverte d'un remblai riche en matières organiques et qui devrait favoriser des conditions anaérobies. Ce remblai a été recouvert d'une couche d'argile imperméable puis de terre après quoi il a été gazonné. On espère que toutes ces mesures préviendront les fuites de mercure dans la rivière à partir de cette zone.

Comme la figure 3 permet de le constater, les pertes de mercure enregistrées par cette fabrique accusent une baisse substantielle.

Pour plus de détails sur le démantèlement et la décontamination de la fabrique ainsi que sur les méthodes de nettoyage, se reporter à l'annexe D.

3.4.3 Surveillance

L'analyse des échantillons d'effluent terminal de la fabrique de chlore et des échantillons d'eau de ruissellement de surface au sud de l'usine prélevés quotidiennement, indique que depuis la conversion au procédé au diaphragme, les pertes de mercure sont de l'ordre de 3 à 4 g par jour. Des échantillons prélevés bi-mensuellement par Beak Consultants révèlent que cette fabrique perdait, en 1982, 4 g de mercure par jour en moyenne, ce qui confirme les résultats de la Great Lakes Forest Products Ltd.

Des échantillons des eaux d'infiltration des puits de surveillance disposés autour du lieu d'enfouissement sont également analysés par le ministère ontarien de l'Environnement et par Beak Consultants, trois ou quatre fois par année. Les teneurs en mercure dans les six puits étaient en moyenne de l'ordre de 7 μg/l les cinq dernières années.

3.4.4 Autres mesures prévues ou proposées

1. La tranchée sous l'aire de préparation de la saumure a été en partie remplacée par de la tuyauterie en CPV et en partie renforcée par un conduit en terre cuite. La compagnie envisage poser un nouveau recouvrement de plancher dans la zone située au-dessous de cette aire.

2. Chaque fois que c'est possible, toutes les anciennes conduites d'égout doivent être enlevées ou comblées de béton, ou tout au moins être bouchées aux deux extrémités pour empêcher les fuites de mercure dues à l'infiltration.

3. Comme la compagnie installe actuellement de nouvelles cellules à diaphragme dans la salle où se trouvaient les cellules à chlorate, il faudra veiller de près à l'entretien de la nouvelle dalle posée dans cette zone si on veut éviter tout risque de lessivage du mercure à travers le béton dans le sol situé au-dessous de cette dalle.

Les effluents des huit égouts de la papeterie et de la fabrique de produits chimiques qui s'écoulaient dans la chaussée bordant la rivière sont rassemblés dans un collecteur commun depuis 1977. L'effluent combiné passe maintenant dans un grand clarificateur. Les dépôts sont filtrés sous vide et les matières relativement solides retirées sont envoyées dans une décharge autorisée. Le filtrat est recirculé dans le clarificateur. Sous peu, le liquide surnageant séjournera pendant huit jours dans un étang de stabilisation aéré avant d'être rejeté dans la rivière Wabigoon.

3.4.5 Conclusions

1. Les travaux effectués à l'usine ont réduit la quantité de mercure perdue dans les égouts par les eaux usées et les eaux de ruissellement, à environ 4 g par jour. Des transformations minimes sont prévues et elles permettront de faire encore baisser progressivement ces pertes.

2. L'aire d'élimination des déchets contaminés par le mercure est légèrement surélevée (environ 2,5 m au-dessus de la nappe phréatique). Des tuyaux de drainage en matière plastique ont été disposés sous quelques cellules et des puits de surveillance ont été placés à des endroits stratégiques autour de l'aire d'enfouissement. Jusqu'ici, la migration de mercure à partir de cette aire a été négligeable. Au besoin, les infiltrations seront recueillies et traitées pour en éliminer le mercure.

3.5 Fermeture de la fabrique de chlore et de soude caustique par le procédé de la cathode de mercure, de la American Can of Canada Limited, à Marathon

3.5.1 Exploitation passée

C'est en 1952 que cette fabrique entra en service, avec une capacité nominale de 34 tonnes de chlore par jour. Avant 1970, les matières solides et les eaux usées contaminées par le mercure étaient déversées directement dans les égouts; comme cette fabrique utilisait du sel obtenu par évaporation, la quantité de matières solides et par conséquent de mercure déversée, était moindre que dans la plupart des autres fabriques. À partir de 1972, les eaux usées non recyclables furent traitées au sulfure ou disulfure de sodium pour en éliminer le mercure. De 1971 à 1977, les matières solides provenant du traitement de la saumure et les autres matériaux solides contaminés par le mercure (comme les anodes usées) furent stockés dans des tonneaux et enfouis dans une décharge approuvée. Certaines matières furent distillées en vase clos pour récupérer le mercure.

Le refroidissement direct à l'eau de l'hydrogène gazeux permettait de réduire l'émission de mercure dans l'air. Cette eau était ensuite recirculée dans les cellules, ou servait à l'occasion d'eau d'appoint dans les dénudeurs.

3.5.2 Opérations de démantèlement et de décontamination

Le 31 août 1977, American Can of Canada Ltd. fermait son usine de Marathon suite à la mise en demeure du ministère ontarien de l'Environnement pour que des mesures de décontamination soient prises. La fabrique de chlorate de sodium de Huron Chemical poursuivit toutefois ses activités jusqu'au 30 septembre 1982, et comme la fabrique de chlore et de soude caustique et celle de chlorate utilisaient le même équipement de traitement de la saumure, ce secteur demeura en opération.

Le démantèlement et l'élimination de l'équipement et des matières contaminés par le mercure furent conduits conformément aux dispositions prises avec le ministère ontarien de l'Environnement.

La fosse à sel se trouvant à l'est fut mise hors service avant la fermeture de la fabrique de chlore et les opérations de nettoyage et de décontamination purent commencer. Toute la saumure résiduelle fut traitée pour en extraire le mercure, et on l'évacua lentement. Les boues contenant du mercure et les poches de saumure contaminées par le mercure furent ensuite rincées à grande eau et traitées afin d'en éliminer le mercure, ou chargées dans des fûts et enfouies. Les travaux de décontamination ont duré entre quatre et cinq mois. Cette fosse a par la suite servi à entreposer le sel nécessaire à la fabrique de chlorate de sodium. Toutes les autres pièces du circuit de saumure telles que le clarificateur, le réservoir intermédiaire, le réservoir de stockage, le réservoir d'alimentation des cellules et les filtres, furent lavées. Toutes les boues contaminées par le mercure furent chargées dans des barils et enfouies.

Le mercure qui se trouvait dans les cellules, les décomposeurs, les boîtes d'extrémité de pompes, la tuyauterie, etc., fut retiré en faisant circuler de l'acide chlorhydrique dans chaque cellule et pendant une heure au moins, après quoi l'équipement fut vidangé. Environ

40 500 kg de mercure furent ainsi récupérés. Ce mercure fut mis dans des bouteilles en acier. Tout le mercure qui tombait accidentellement au cours des opérations de vidange s'écoulait dans un puisard de la salle des cellules. En fin de journée, le plancher était lavé à grande eau pour entraîner, dans le même puisard, tout mercure pouvant se trouver sur le plancher. Une pompe à vide pourvue d'un ajutage spécial de diamètre réduit, servit à aspirer les petits dépôts de mercure se trouvant dans les rebords des couvercles des réservoirs, sur les réacteurs et les décomposeurs, et le mercure qui s'était logé dans les craquelures autour des joints d'étanchéité et entre les plaques anodiques. Le mercure récupéré du puisard et au moyen de la pompe à vide représentait environ 3400 kg. Tout le mercure récupéré a été revendu à un marchand reconnu. Toute la ferraille, le cuivre et le laiton, ont été nettoyés et décontaminés puis revendus. On construisit un bunker en béton de 30,5 m x 7,6 m x 3,6 m afin d'y enfouir les cellules, décomposeurs, boîtes d'extrémité d'entrée et de sortie, obturateurs, pompes à mercure et moteurs, distributeur et collecteur de saumure, collecteur du drain de la boîte d'extrémité, distributeur d'eau douce et tuyauterie, collecteur des produits caustiques faible et fort, réservoirs récepteurs de produit caustique, bacs à mercure, 240 fûts de boues de 205 l (45 gallons) chacun, tour de refroidissement pour l'hydrogène, collecteur d'hydrogène et divers autres morceaux de tuyauterie et de ferraille. Le bunker a ensuite été fermé et on a coulé par-dessus du béton à très haute résistance à la compression.

On a retiré les boues de tous les réservoirs de stockage de produits caustiques, de tous les fossés et puisards de la salle des cellules, et du puisard de l'effluent non traité. Ces boues furent chargées dans des fûts en acier et enfouies dans l'aire d'élimination. Les réservoirs caniveaux, etc., subirent ensuite un nettoyage à l'eau sous haute pression. Avant leur évacuation, les eaux usées étaient traitées pour en éliminer le mercure.

La fosse à sel située à l'ouest fut alors nettoyée. La saumure fut traitée pour en éliminer le mercure après quoi on l'évacua lentement dans l'égout. On plaça les boues contaminées dans des fûts qui furent enfouis dans le site d'enfouissement municipal. Une partie de l'équipement qui avait été conservé après la fermeture de la fabrique de chlore est devenu inutile et a par conséquent été également enfoui. Une fois tout l'équipement enlevé de la salle des cellules, les murs et les plafonds furent lavés à l'eau sous haute pression; les piliers, les bordures, etc., ont été ôtés; les fossés et les puisards ont été remplis de gravier et de béton; une couche de béton a été coulée sur toute l'aire. Cette salle sert maintenant pour l'entreposage de pâte sèche.

Le système de traitement pour l'extraction du mercure demeurera en service, et la surveillance pour dépister les pertes de mercure à partir de l'aire de l'usine de produits chimiques se poursuivront jusqu'à ce que le démantèlement et le nettoyage de l'usine soient terminés. Pour plus de détails sur les méthodes de démantèlement et de décontamination, se reporter à l'annexe E.

3.5.3 Surveillance

Des échantillons d'effluents sortant de l'usine sont analysés quotidiennement pour déterminer la teneur en mercure. Comme l'illustre la figure 4, les pertes de mercure provenant de l'usine fermée sont très faibles, entre 2 et 3 g par jour.

Des échantillons d'eaux d'infiltration sont prélevés cinq ou six fois par année autour du lieu d'enfouissement des équipements et déchets contaminés par le mercure. Les puits de surveillance au nord et au sud de ce lieu sont habituellement secs. Le puits de surveillance à l'ouest du lieu d'enfouissement, qui a une profondeur de 25 m, soit 2 m de plus que les puits nord et sud, ne renferme que 1 ou 2 μg de mercure par litre d'eau souterraine.

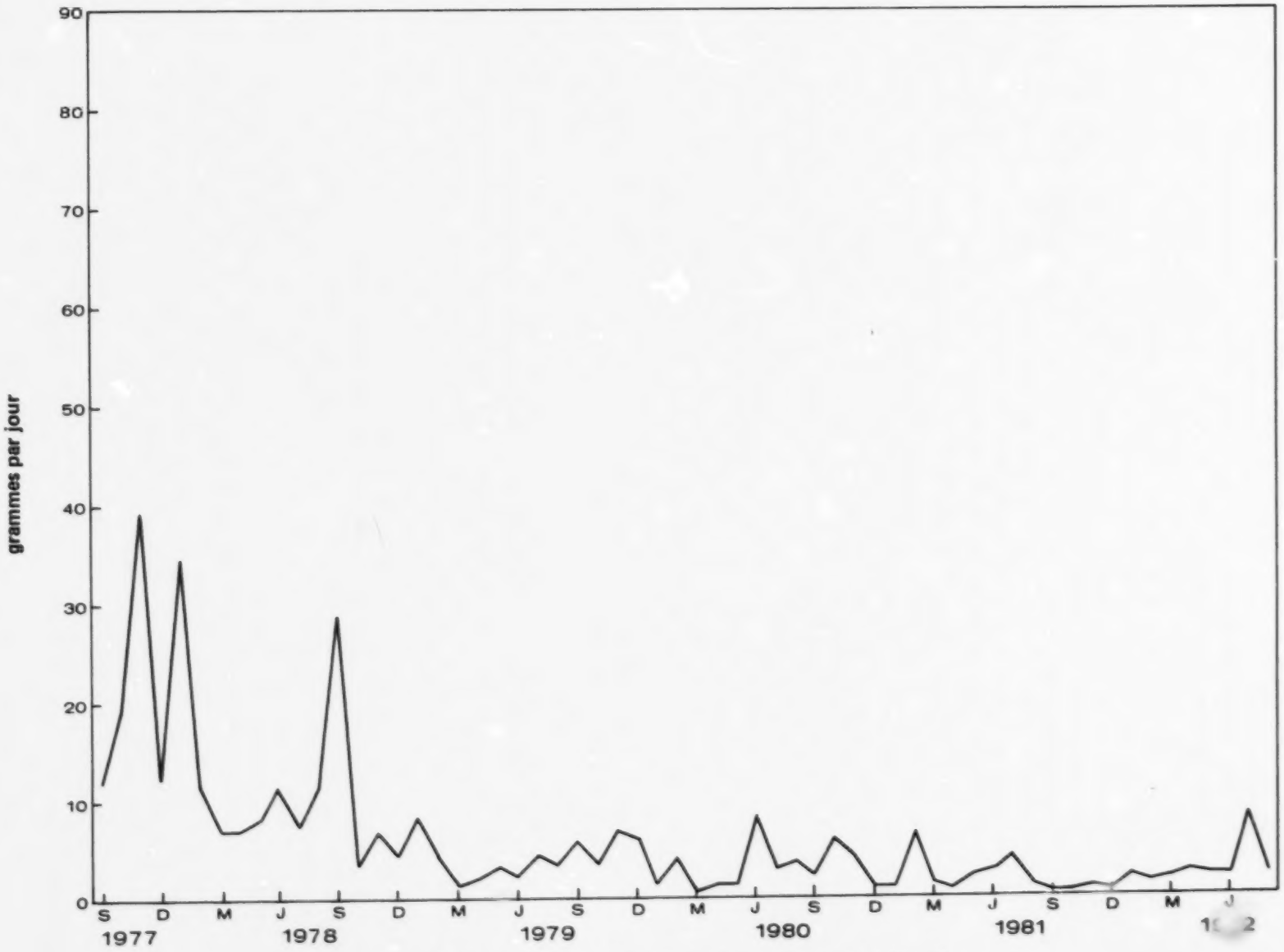


Figure 4 *Fabrique de chlore de l'American Can Company, à Marathon. Fuite de mercure dans les effluents liquides.*

3.5.4 Autres mesures prévues ou en cours

Le 30 septembre 1982, l'usine de chlorate de sodium suspendait ses activités. Les cellules de cette usine, qui utilise un procédé sans mercure, seront bientôt démantelées et expédiées hors du pays. On procédera ensuite au démantèlement et à l'enfouissement d'autres pièces d'équipement, comme les clarificateurs de saumure, le réservoir intermédiaire du circuit de saumure, les filtres de saumure, les réservoirs de stockage de la saumure, les réservoirs pour le polysulfure, et d'autres pièces d'équipement.

Une fois que tout l'équipement sera enlevé, et enfoui ou vendu, les anciens égouts et puisards seront remplis de béton, et on installera de nouveaux égouts dans les tranchées existantes, ce qui éliminera le risque de dissolution de tout mercure résiduel pouvant encore se trouver dans les égouts. Les planchers seront ensuite recouverts de béton.

3.5.5 Conclusions

1. Durant les quatre dernières années, les pertes de mercure dans les effluents de cette fabrique étaient faibles; elles étaient d'environ 2 à 5 g par jour.

2. Étant donné que la fabrique est située sur les bords du lac Supérieur, il est impossible de déterminer si du mercure passe dans le lac par infiltration. La seule façon sûre de minimiser les infiltrations de mercure serait de démanteler tout l'équipement désuet restant et de restaurer au plus tôt la fabrique et le secteur environnant.

3. L'aire d'enfouissement des déchets contaminés par le mercure est située dans une zone de sable très fin, bien au-dessus de la nappe phréatique; l'eau souterraine ne devrait donc pas être contaminée. Si le contrôle par les puits de surveillance venait à révéler une migration de mercure, les mesures nécessaires devront être prises immédiatement.

3.6 Fermeture de la fabrique de chlore et de soude caustique par le procédé de la cathode de mercure, de la Canadian Industries Limited à Shawinigan

3.6.1 Exploitation passée

L'ouverture de cette fabrique remonte aux années 1938/1939, avec une capacité nominale de 95 tonnes de chlore par jour. Vers 1960, un bassin fut aménagé pour retenir les boues mais on continua d'évacuer les eaux usées directement dans l'égout. Jusque là, boues de saumure et eaux usées contaminées par le mercure étaient rejetées directement dans les égouts.

En 1970, le bassin fut agrandi pour qu'on puisse y acheminer, en plus des boues, les eaux de lavage du plancher de la salle des cellules, le condensat d'hydrogène, l'eau de lavage des cellules, etc. Des études conduites et par la CIL et par un consultant révélèrent que le bassin et la zone voisine reposaient sur une couche de 3 à 5 m de sable recouvrant une épaisse couche d'argile. Les infiltrations à partir du fond et des parois du bassin suivaient une direction parallèle à l'interface d'argile, et aboutissaient dans le ravin à l'ouest du bassin. Les matières solides étaient retenues et le mercure en solution se trouvait adsorbé par les boues de saumure ainsi que les particules de sable et d'argile, d'où une teneur maximale en mercure de 0,5 mg/l dans l'effluent.

Les boues du bassin contaminées par le mercure étaient retirées régulièrement, et enfouies dans un secteur contigu qui servait également pour l'enfouissement des matières solides provenant de la distillation en vase clos, des électrodes de charbon usées, du graphite des décomposeurs, des pièces d'équipement inutilisables, des morceaux de béton contaminé, etc.

Le mercure présent dans les boues du filtre de produit caustique, les boues de la salle des cellules, et le chlorure de mercure fut récupéré par distillation en vase clos.

La compagnie avait également pris des mesures pour réduire les émissions atmosphériques de mercure.

3.6.2 Opérations de démantèlement et de décontamination

Le 29 janvier 1979, la CIL arrêtait la production de chlore et de soude caustique à son usine de Shawinigan. Le démantèlement et la décontamination de la fabrique et de la zone avoisinante se firent en accord avec le ministère de l'Environnement du Québec. On avait confié à une firme d'ingénierie le mandat de déterminer l'ampleur de la contamination par le mercure et de trouver un endroit propice à l'élimination de tous les déchets et de l'équipement usé, contaminés par le mercure. C'est un endroit près de Saint-Boniface-de-Shawinigan (à environ trois milles de l'usine) qui fut choisi. Il s'y trouvait une couche d'argile très compacte, de plusieurs mètres d'épaisseur, ayant un coefficient de perméabilité de 10^{-7} cm/s.

Avant la fermeture définitive, la quantité de saumure encore présente dans le système fut réduite au minimum. Après ajustement du pH et de la teneur en chlore, la saumure restante fut traitée pour en extraire le mercure puis elle fut évacuée.

Les cellules, conduites, pompes, pièges, etc., furent débarrassés par drainage du mercure qui s'y trouvait et le mercure fut mis dans des bouteilles en acier. Toutes les matières solides riches en mercure provenant des cellules, des réservoirs de produit caustique, etc., subirent un traitement en vase clos pour la récupération du mercure. Le mercure récupéré a été soit revendu à un marchand reconnu, soit expédié à une autre fabrique de chlore de la CIL dotée de cellules à mercure.

À l'exception de quelques pièces d'équipement très coûteuses qui pouvaient être décontaminées et réutilisées, tout le matériel du circuit de saumure, de la salle des cellules, du circuit de l'hydrogène, du circuit de la soude caustique, et du circuit du chlore, fut enfoui dans le site de Saint-Boniface. Il est ici question des cellules, décomposeurs, pompes à mercure et boîtes, distributeur de saumure, collecteur de produit caustique, collecteur d'hydrogène, collecteur de chlore, distributeur d'eau douce, refroidisseurs, pompes, réservoirs de saumure et de produit caustique, tuyauterie, etc. Quelques éléments en cuivre purent être nettoyés à l'acide et vendus.

Avant enfouissement, l'équipement a été lavé à l'eau sous haute pression pour éliminer tous les sels et le mercure résiduels. Ces eaux de lavage et d'autres y compris l'effluent qui s'écoulait dans le bassin, furent traitées pour en extraire le mercure avant leur évacuation finale.

Le limon, les boues et autres matériaux du bassin, de la zone d'enfouissement voisine et d'une zone allant du bassin jusqu'à 35 m environ au bas du ravin, furent ramassés et enfouis dans l'aire d'élimination. L'égout de l'usine de purification du produit caustique, qui passait sous le bassin, fut raccordé au nouvel égout sanitaire de l'agglomération. On enleva l'ancien égout qui ne servait plus à rien, ainsi que tous les matériaux jusqu'à la couche argileuse. Comme la teneur en mercure à l'interface argile-limon était très élevée, on enleva une couche de 15 cm d'argile. À cette profondeur, la teneur en mercure était inférieure à 10 p.p.m., qui est la limite acceptable. Le nouvel égout de la ville n'a pas été enlevé puisqu'il est toujours en service et il est plus que probable que des matières solides renfermant plus de 10 p.p.m. de mercure se trouvent dans les parages de cet égout. Le bassin et le ravin ont été remblayés avec de l'argile exempte de mercure provenant des fosses creusées dans le nouveau site d'enfouissement et transportée par camion.

La CIL prévoyait affecter les bâtiments à d'autres activités. Il s'avéra cependant qu'un programme efficace de réfection ne pouvait être mené à bien sans une connaissance détaillée et complète de la zone contaminée. Une firme d'ingénierie fut donc chargée d'étudier le sol et les eaux souterraines au voisinage de l'usine. À la suite de cette étude, on jugea qu'il était préférable de raser les bâtiments qui avaient abrité la fabrique de chlore (y compris le soubassement) et on excava le sol jusqu'à une profondeur d'environ 30 cm dans la couche argileuse. Tous les déblais,

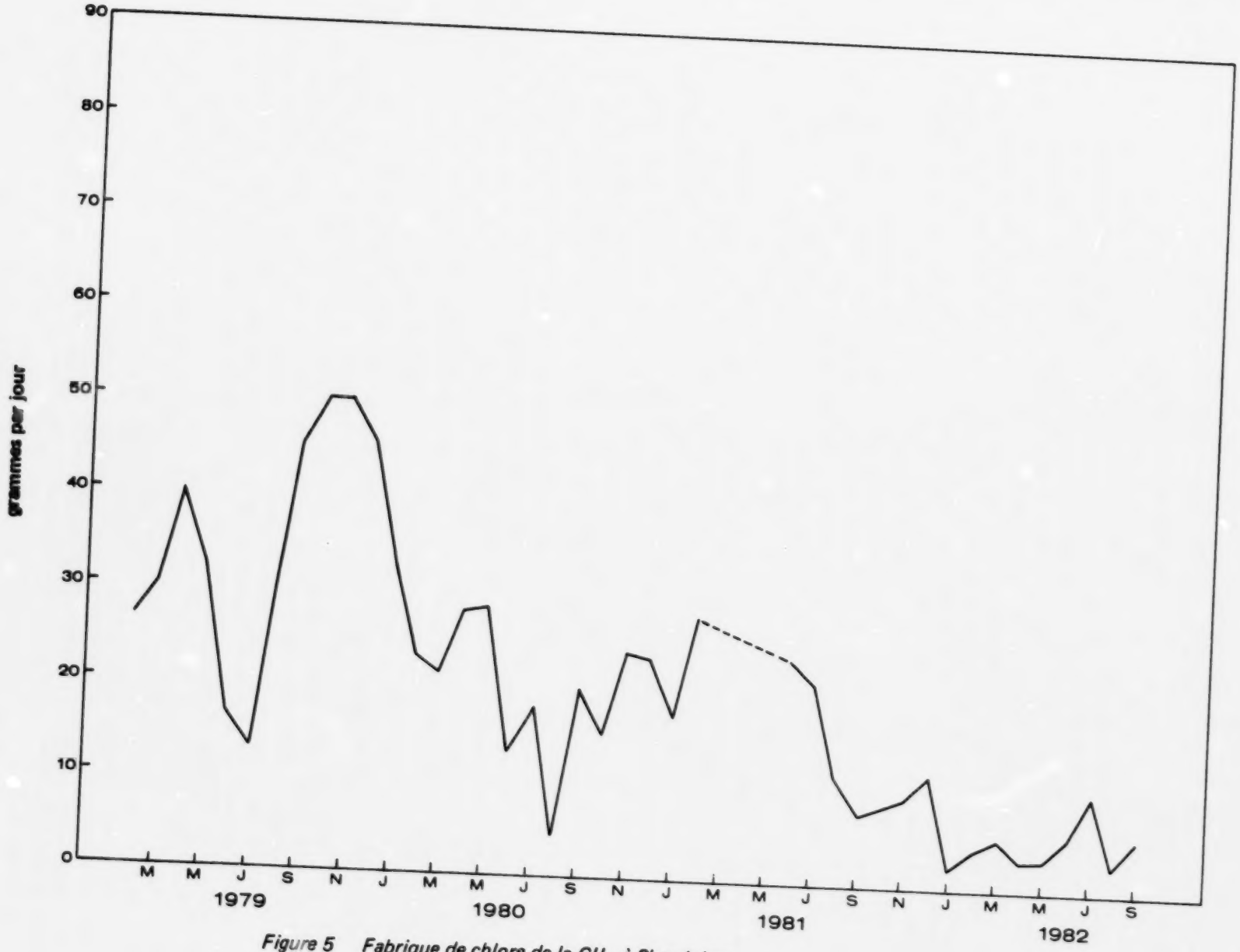


Figure 5 *Fabrique de chlore de la CIL, à Shawinigan.*
Fuite de mercure en provenance du secteur restauré, dans les effluents liquides.

soit environ 142 000 m^3 de matériaux contenant quelque 23 000 kg de mercure, furent enfouis dans six fosses aménagées dans la décharge de Saint-Boniface. L'aire excavée fut remblayée avec de l'argile compacte exempte de mercure, recouverte de terre et elle fut nivelée ainsi que les terrains adjacents. On restaura la couverture végétale par ensemencement.

On posa de nouvelles conduites d'égout vers les ateliers, les entrepôts, le bâtiment de rectification (maintenant de stockage), le bâtiment de préparation de l'hyposulfite, la section de stockage du produit caustique, et le bâtiment où l'on stockait le sel. Environ 300 m de tuyauterie qui servait à transporter l'hydrogène et le HCl à une usine voisine ont été laissés sous terre et remplis de béton pour en empêcher l'utilisation. L'annexe F donne de plus amples détails sur les opérations d'enfouissement.

3.6.3 Surveillance

Un contrôle journalier est exercé pour dépister les pertes de mercure en provenance du secteur restauré. Comme le montre la figure 5, les pertes sont allées en décroissant au cours des trois dernières années, et ne s'élèvent actuellement plus qu'entre 2 à 7 g/j.

Des études ont démontré que la migration de mercure à partir des fosses d'enfouissement sera très minime. Aucune donnée ne permet de dire à l'heure actuelle s'il y a eu ou non migration de mercure.

3.6.4 Autres mesures prévues ou en cours

Des échantillons de l'eau s'écoulant vers le ravin seront analysés mensuellement, et les résultats devront être communiqués au ministère de l'Environnement du Québec. Si la quantité de mercure libérée est importante et que le débit peut être mesuré, on installera un débitmètre.

3.6.5 Conclusions

1. Comme la fabrique était très ancienne, la contamination par le mercure de la zone entourant le bassin à boues, le ravin et le terrain entourant l'usine, était très importante. La CIL a droit à des éloges, car elle a complètement remis en état une zone présentant des risques à long terme.

2. Le confinement du mercure dans le site d'enfouissement de Saint-Boniface ne devrait pas causer de problème du fait que cette zone est constituée d'argile très compacte et peu perméable. Néanmoins, on effectuera périodiquement des analyses à partir des puits de surveillance pour s'assurer que le secteur ne présente aucun danger.

4 CONCLUSIONS GÉNÉRALES

1° Comme le résume le tableau 1 qui suit, toutes les fabriques sauf une ont réussi à réduire la quantité de mercure déversée dans le milieu aquatique à des niveaux se situant aux alentours de 2 à 10 g par jour. Il s'agit-là d'un résultat remarquable si l'on considère que durant toute la période d'activité de ces fabriques, de grandes quantités de mercure s'étaient infiltrées dans les réseaux d'égouts à travers les planchers en ciment des salles des cellules ou s'étaient échappées dans l'atmosphère avec, comme conséquence, la contamination, par le mercure, de grandes superficies de sol aux alentours des fabriques.

Tableau 1 Sommaire des pertes actuelles de mercure après cessation de la fabrication du chlore par le procédé de la cathode de mercure, et coût de remise en état des lieux

Emplacement de l'usine	Quantité moyenne de mercure déversée dans les effluents liquides à partir de l'emplacement de l'usine de produits chimiques (g/j)	Coûts pour remettre en état les lieux et traiter les déchets renfermant du mercure (en millions de $)	Coût futur (en millions de $)
Lebel-sur-Quévillon	26	0,51	0,17
Jonquière	2 - 5	3,5	
Marathon	2 - 5	0,4	
Dryden	4	0,10	0,03
Saskatoon	1 - 5	0,35	0,05
Shawinigan	7	3,5	

2° Les effluents actuels de toutes les fabriques de chlore et de soude caustique fermées ou converties au procédé de la cellule à diaphragme, ont une teneur trop faible en mercure (2-10 μg/l) pour pouvoir être traités (20 μg/l) par la méthode la plus efficace d'élimination, à savoir le procédé de précipitation au sulfure ou bisulfure de sodium suivie de filtration.

3° Comme on l'a souligné au tableau 1, les sociétés ont dépensé de grosses sommes pour remettre en état les lieux. Le fait d'avoir généralement éliminé le contaminant à la source plutôt que d'avoir à traiter un effluent ou des eaux de ruissellement contaminés par le mercure, se révélera plus profitable du point de vue coût/rendement. Cependant, les sociétés devraient maintenir une surveillance étroite des lieux pour déceler les petites zones où la teneur en cadmium est encore élevée et qui sont à l'origine de la faible libération continue de mercure ou de la migration de ce dernier à partir des zones sécuritaires.

4° Le démantèlement et la décontamination des fabriques équipées de cellules à mercure varient d'un cas à l'autre; le coût de remise en état d'un emplacement peut fluctuer sensiblement tout dépendant de l'étendue de la contamination par le mercure, de ce que l'on va faire avec les bâtiments: seront-ils complètement rasés, simplement démantelés, affectés à d'autres activités ou encore prévoit-on remplacer les cellules à mercure par des cellules à diaphragme, etc. Le tableau précédent montre que les coûts peuvent varier d'environ 150 000 $ pour une fabrique convertie à un procédé sans mercure, à 3 500 000 $ pour une fabrique qui fut rasée et qui nécessita l'enlèvement et l'enfouissement de 142 000 m^3 de matériaux contaminés (équipement, bâtiments, déblais, etc.), et le remblayage de l'aire excavée avec du sol non contaminé.

5° Il n'y a pas de méthode normalisée pour le démantèlement et la remise en état des lieux, mais les points suivants devraient être retenus:

- Protéger la santé et la sécurité des travailleurs. Maintenir des normes élevées d'hygiène personnelle. Éloigner temporairement les ouvriers si la teneur en mercure dans l'usine dépasse les limites admissibles.
- Lorsque du métal contaminé par le mercure doit être découpé, ne pas utiliser de chalumeau; travailler avec des cisailles.
- Ventiler la salle des cellules, et analyser régulièrement la teneur de l'air en mercure.
- Prendre toutes les précautions possibles pour éviter un déversement accidentel; en cas de déversement, procéder immédiatement au nettoyage.
- Avant la fermeture définitive, travailler avec le moins de saumure possible, en ajuster le pH et la teneur en chlore, et la traiter pour en extraire le mercure, avant son évacuation finale.
- Faire circuler le mercure avec une solution d'acide chlorhydrique à travers les cellules de façon à réduire sa teneur en sodium. Le mercure doit ensuite être retiré par drainage de tous les tuyaux, cellules, pompes, pièges, etc., embouteillé et revendu à un marchand reconnu.
- À l'aide d'une pompe à vide à ajutage de petit diamètre, aspirer les petits dépôts de mercure, et enlever le mercure pouvant se trouver dans les rebords des réservoirs et des couvercles de cellule, dans les cellules elles-mêmes, les décomposeurs, les pompes, etc., et aspirer le mercure pouvant s'être logé dans les craquelures autour des joints d'étanchéité, entre les plaques anodiques et dans les fissures du plancher.
- À la fin de chaque période de travail, après lavage à grande eau du plancher, embouteiller tout le mercure recueilli dans les puisards de la salle des cellules.
- Recueillir le mercure épais, le traiter et l'embouteiller ou le verser dans des barils et le revendre à un marchand reconnu en vue de la récupération du mercure.
- Stocker les matières solides riches en mercure en vue de la récupération de ce dernier, ou les charger dans des fûts qui seront enfouis dans une décharge autorisée.
- Laver tout l'équipement contaminé par le mercure avec de l'eau sous haute pression, avant de l'enfouir dans le site d'enfouissement approuvé.
- Toute l'eau ayant servi aux opérations de démantèlement et de décontamination sera traitée pour en extraire le mercure avant son évacuation finale. Laisser en place tout le dispositif d'extraction du mercure jusqu'au parachèvement des opérations et travaux de démantèlement et décontamination, et tant que les pertes de mercure ne sont pas tombées à moins de 10 g/j.

- Si on prévoit réutiliser des réservoirs (pour le stockage de produit caustique, de saumure, etc.), les laver à fond avant leur emploi.
- Charger dans des fûts garnis d'un revêtement à l'épreuve du sel et des chlorures, les boues contaminées par le mercure, riches en saumure. Enfouir ces fûts dans une section distincte du site d'enfouissement.
- Une fois tout l'équipement enlevé, laver les murs et les plafonds avec de l'eau sous haute pression.
- Enlever et enfouir le revêtement de plancher; si le bâtiment n'est pas démoli, examiner soigneusement le plancher du soubassement pour dépister les fissures ou les sections endommagées. Enlever le béton friable jusqu'à ce qu'on atteigne un socle solide et couler du béton frais. Remplir avec du béton et boucher tous les égouts et les puisards, et installer de nouvelles conduites d'égout. Il serait préférable de couler une nouvelle dalle de béton, de 15 cm d'épaisseur au moins, à la grandeur de la salle où se trouvaient les cellules à mercure.
- Veiller à ce que le lieu d'enfouissement soit situé dans une zone argileuse et isolée, loin de tout réseau d'approvisionnement en eau, public ou privé. Disposer des puits de surveillance à des endroits stratégiques autour du lieu d'enfouissement.
- Construire un puits en béton pour y déposer l'équipement de la salle des cellules. Ce puits devra se trouver au-dessous de la ligne de gel, et sa construction sera faite en fonction de l'indice sismique local (tremblements de terre ou formation de failles).

Annexes

ANNEXE A – SASKATOON CHEMICALS

Lieu et opérations d'enfouissement

En 1974, la société engagea des ingénieurs-conseils pour localiser sur ses terrains un endroit où il serait possible d'enfouir certaines matières solides provenant du traitement de la saumure et le sol contaminé prélevé au pied de la berge, juste en aval du point où l'effluent terminal de la fabrique se déversait dans la rivière. Il a fallu pour cela procéder à des échantillonnages de sol, des forages expérimentaux et des essais de perméabilité, comme on va le voir ci-dessous.

Choix de l'emplacement

Vingt-cinq trous de forage de 12,7 cm de diamètre furent percé tout autour de l'emplacement choisi à une profondeur de 2,4 m à 6,5 m. Deux autres trous furent forés à une profondeur de 27,7 m et 32 m; les strates furent analysées par la mesure de la résistance électrique à différentes profondeurs.

On prépara des colonnes stratigraphiques pour chaque trou de forage, en précisant leur emplacement et la position relative des diverses couches de sol rencontrées.

Une étude des coupes transversales montrait que le site comportait environ 15 cm de terre arable organique, reposant sur une couche alluviale constituée de sable limoneux ou d'argile sablo-limoneuse, ou des deux, jusqu'à une profondeur de 1,7 mètre dans la zone juste au nord de la fosse. La couche alluviale repose quant à elle sur une couche d'au moins 3,6 m d'argile à blocaux (tillite). La matrice de la tillite est riche en argile contenant entre 20 à 55 p. 100 de particules argilo-limoneuses. Cette couche descend jusqu'à une profondeur d'environ 9,1 m à l'ouest de l'emplacement, et 6,1 m à l'est.

Une fois les forages effectués, on procéda aux mesures de perméabilité sur le terrain. Les résultats des mesures montrent que le coefficient de perméabilité de l'argile à blocaux était de l'ordre de 6×10^{-6} à 1×10^{-4} cm/s, la plupart des résultats se situant autour de 3×10^{-5} cm/s. La perméabilité de l'argile à blocaux ne semblait pas varier avec la profondeur. (La perméabilité est l'aptitude d'un sol à se laisser traverser par un fluide. Le sol est dit *imperméable* lorsque le coefficient de perméabilité est de 1×10^{-6} cm/s ou moins; *semi-perméable*, pour un coefficient de 1×10^{-6} à 1×10^{-4} cm/s; *perméable*, si le coefficient est supérieur à 1×10^{-4} cm/s.)

Construction de la fosse à boues

1. Déblayage de la couche de terre arable qui a été mise en réserve pour la restauration du site.
2. Excavation d'une fosse d'une profondeur de 2 mètres environ.
3. Creusage de la tranchée et construction des digues entourant la fosse. Scarifiage de la tranchée et des digues sur une profondeur de 30 cm; ajout d'environ 1 p. 100 de bentonite; puis, mélange et compactage en deux tranches de 15 cm pour obtenir une densité d'au moins 95 p. 100 selon l'essai normalisé de Proctor.
4. Mise en place de l'équipement de surveillance, constitué principalement d'un tuyau de drainage encastré sous la section scarifiée et tassée de la fosse. Compactage des tranchées creusées autour de l'équipement de surveillance.

5. Après excavation et construction de la tranchée, scarifiage du fond et des parois latérales de la fosse sur une profondeur de 30 cm; pulvérisation du fond et des parois de la fosse et arrosage pour obtenir une teneur en humidité conforme à la norme D-698-70 de l'ASTM. Ajout de 1 p. 100 de bentonite sèche, mélangée uniformément. Compactage du mélange en deux tranches de 15 cm pour arriver à une densité moyenne de 95 p. 100 selon l'essai normalisé de Proctor.
6. Revêtement de la fosse d'une couche de 7,6 cm de sphaigne compactée provenant du nord de la Saskatchewan.
7. Déversement dans la fosse des boues contaminées par le mercure.
8. Une couche de 15 cm de sphaigne non tassée est placée sur les boues. Elle est recouverte d'une couche de 30 à 90 cm de matériaux de remblayage et de 10 cm de terre arable. Ensemencement de la section aménagée avec de l'herbe vivace.

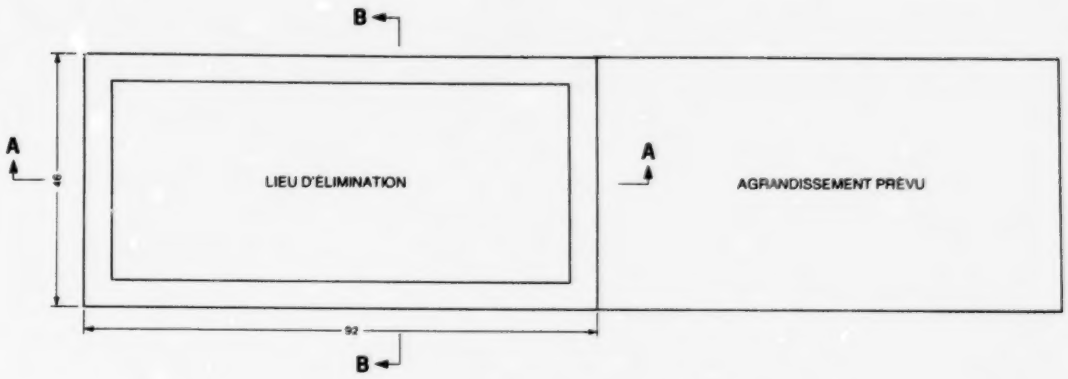
On dut se débarrasser de l'équipement et des boues contaminées par le mercure lorsque la fabrique fut convertie au procédé de fabrication de chlore par cellule à diaphragme, en 1978. Comme ces matériaux étaient pratiquement secs, il fut décidé de les déverser dans la fosse à boues existante. C'est sur une aire centrale d'environ 35 sur 80 mètres que ces éléments contaminés ont été déversés (fig. A.1).

Enfouissement de l'équipement démantelé

1. La couche de terre arable fut enlevée sur une étendue de 35 m x 80 m au centre de la fosse à boues existante, comme le montre la figure A.1
2. On procéda ensuite au déblayage de presque toute la couche de remblai existante.
3. On plaça alors dans la fosse l'équipement suivant: distributeur de saumure, cellules, décomposeurs, boîtes d'entrée et joints d'étanchéité, boîtes d'extrémité et collecteur de drainage, réservoir d'eau douce, distributeur pour l'eau douce et sa tuyauterie, pompes à mercure et moteurs, conduite de chlore gazeux jusqu'aux refroidisseurs, collecteur d'hydrogène, refroidisseur et conduits pour l'hydrogène, collecteur de la saumure, conduit de ventilation pour l'hydrogène, réservoirs récepteurs de produit caustique, filtre et tuyaux pour le produit caustique, conduites pour le condensat, bacs à mercure, tuyaux de ventilation et refroidisseurs des boîtes d'extrémité, dispositifs de réglage des anodes, et d'autres éléments divers, comme des tuyaux, des robinets, etc. On enfouit également les déblais provenant de la démolition du plancher de la salle des cellules à mercure ainsi qu'une certaine quantité de sol excavé au-dessous de l'aire où se trouvait ladite salle. Le tout fut recouvert de sable de manière à combler tous les vides.
4. On recouvrit toute la surface de 15 cm de sphaigne non tassée, sur laquelle on déposa 60 à 90 cm de matériaux de remblayage et 10 cm de remblai organique. La zone fut ensuite ensemencée d'herbe vivace.
5. Pour terminer, tout le secteur fut entouré d'une clôture faite en câble à quatre brins.

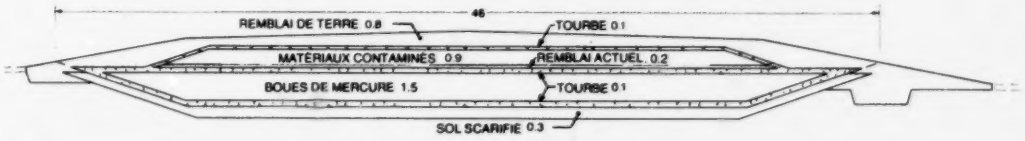
Surveillance du lessivage

Un certain nombre de puits de surveillance, certains profonds, d'autres peu profonds, ont été creusés sur le pourtour et sous la fosse de décharge (fig. A.2).



Vue en plan

Coupe A – A



Coupe B – B

NOTE: TOUTES LES MESURES SONT EN MÈTRES

PRINCE ALBERT PULP Co. Ltd.
DIVISION DES PRODUITS CHIMIQUES DE SASKATOON

Figure A.1 Saskatoon Chemicals, Saskatoon.
Lieu d'enfouissement des déchets et équipements contaminés par le mercure.

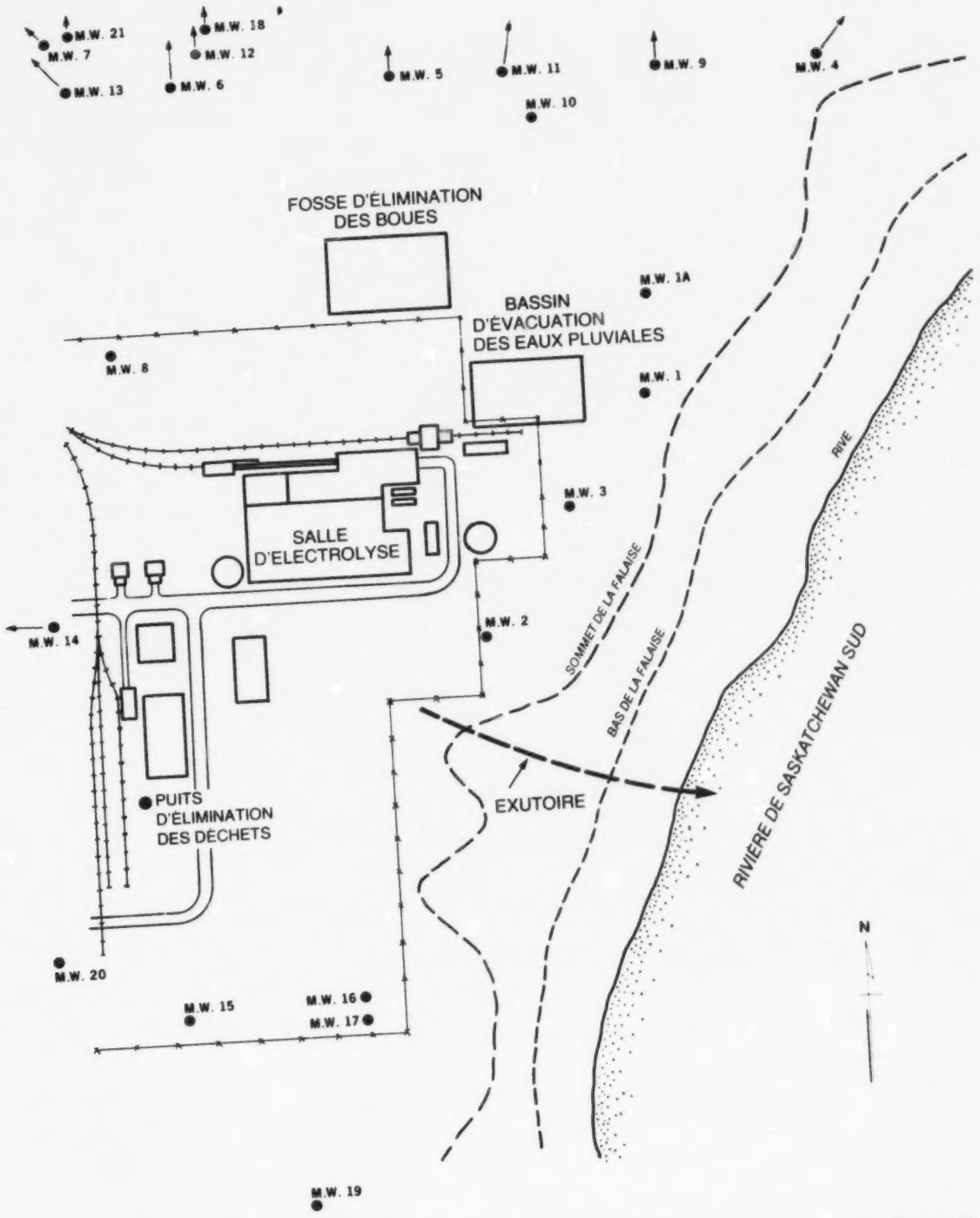


Figure A.2 *Saskatoon Chemicals.*
Carte des points d'échantillonnage des eaux souterraines au lieu d'enfouissement.

ANNEXE B – DOMTAR INC.

Lieu et opérations d'enfouissement

En 1970, lorsque le problème du mercure fit surface, la Domtar arrêta de déverser les matières solides du traitement de la saumure dans le réseau d'égouts, (figure B.1) pour les déverser dans un bassin de retenue temporaire. En 1971, une fosse en béton était construite pour recueillir les matières solides contaminées par le mercure. Celles-ci furent filtrées; on se débarrassa du gâteau sec dans le lieu d'enfouissement, alors que le filtrat fut recyclé.

Les boues étaient déversées dans une carrière de sable et de gravier abandonnée, se trouvant sur la propriété de la Domtar. Une aire d'environ 100 m sur 130 m fut entourée d'une digue de sable et de gravier (voir figure B.2), d'une hauteur d'environ 2,5 m au-dessus du niveau du sol adjacent. Le niveau des boues dans la fosse est à 0,75 m environ au-dessous de la crête de la digue.

Entre 1971 et 1977, les matières solides provenant du traitement de la saumure et du traitement de l'eau, celles du saturateur et du filtre de soude caustique, les anodes usées et les boues de la salle des cellules furent enfouies à cet endroit. Une couche de chaux fut préalablement étalée sur le sol et on déposa par-dessus les boues et les matières solides. Cette couverture de chaux devait servir à maintenir les boues à un pH alcalin.

En 1977, la Domtar décida de fermer cette aire d'enfouissement des boues, en procédant comme suit:

1° La surface des matériaux recouvrant les boues dans la fosse d'enfouissement fut nivelée; et la digue fut abaissée au même niveau, comme le montre la figure B.2.

2° On recouvrit le tout de 10 cm de sable sur lequel on étala une tonne métrique de soufre élémentaire. La surface fut ensuite ratissée pour bien mélanger le soufre et le sable.

3° De l'argile fut alors déposée et compactée en couches de 30 cm au plus jusqu'à obtenir une épaisseur minimale de 60 cm. On travailla la surface de manière à lui donner une pente légèrement inclinée (1 p. 100 env.) à partir du centre. Le compactage de l'argile a été fait de sorte à obtenir une densité de 95 p. 100 selon l'essai normalisé de Proctor. L'argile utilisée comme couche imperméable était de l'argile gris-brunâtre de l'endroit, ne contenant ni terre arable ni substances organiques.

4° La surface de l'argile est protégée par une couche de sable et de gravier de 30 cm d'épaisseur.

5° Cette couche de sable et de gravier a été elle-même recouverte d'une couche de 7 cm de terre arable qui fut ensemencée hydrauliquement.

6° Trois puits de surveillance, indiqués sur la figure B.2, furent installés près de l'extrémité sud de l'aire d'enfouissement des boues. Les eaux souterraines s'écoulent du nord au sud. Des échantillons d'eau souterraine sont prélevés périodiquement dans les puits pour vérifier si du mercure s'y est infiltré.

En 1977, une nouvelle aire pour le déversement des boues a été aménagée à environ 400 mètres à l'est de l'usine, dans un sol argileux. La figure B.3 présente les détails de construction de la nouvelle fosse à boues et du compartiment pour liquides. La fosse et le compartiment ont tous deux été recouverts d'une enveloppe en Hypalon. Toutes les matières solides contaminées

par le mercure ont subi un traitement au sulfure ou disulfure de sodium pour stabiliser le mercure, avant leur évacuation dans la fosse. Lorsque la fabrique sera complètement décontaminée et qu'il ne sera plus nécessaire de traiter l'effluent pour en extraire le mercure, toute l'aire sera imperméabilisée de la manière indiquée sur la figure B.3.

On prélèvera régulièrement des échantillons dans les puits de surveillance entourant l'aire de déversement pour déterminer la teneur en mercure.

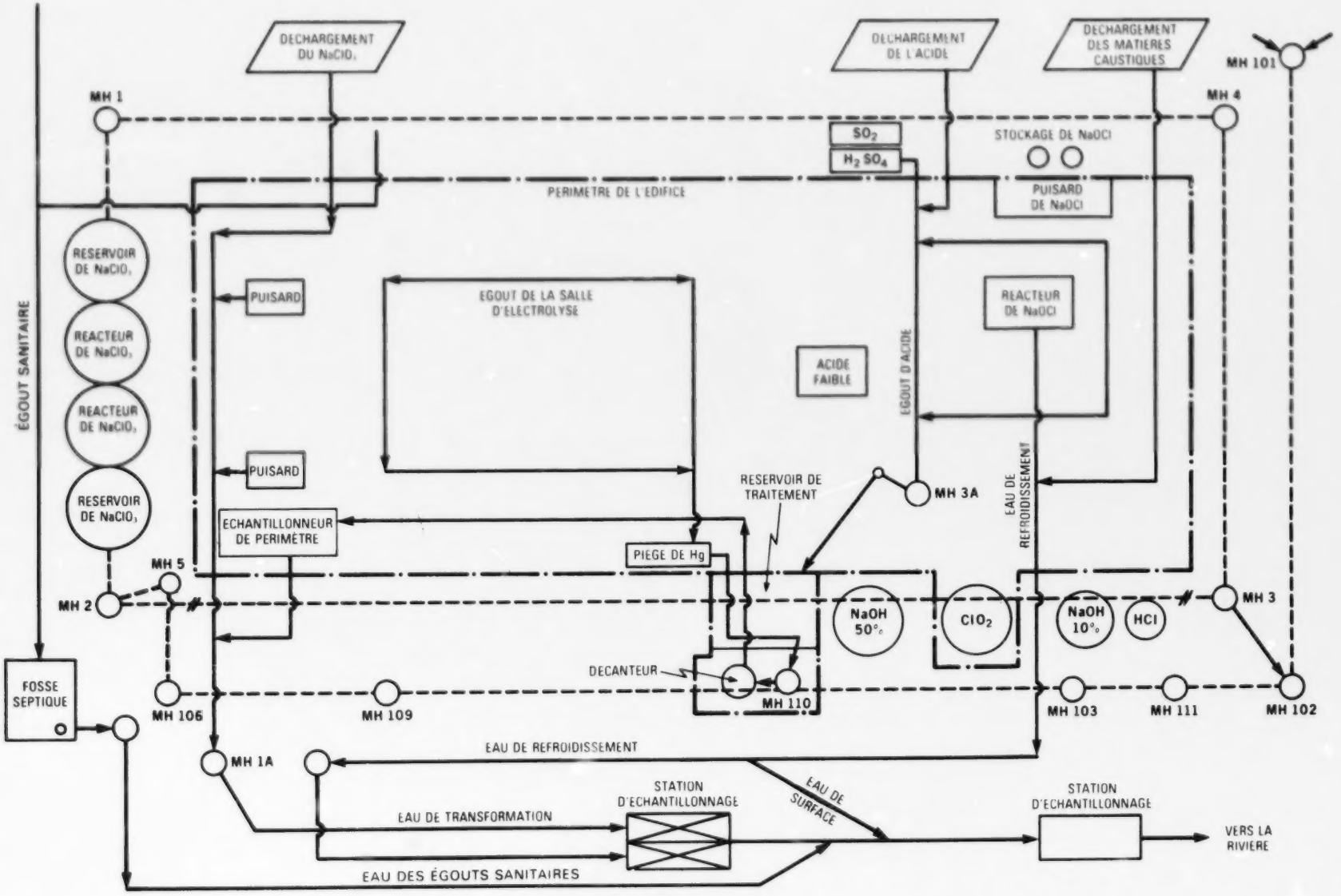


Figure B.1 *Domtar, Lebel-sur-Quévillon.*
Réseau d'égouts de l'usine de produits chimiques.

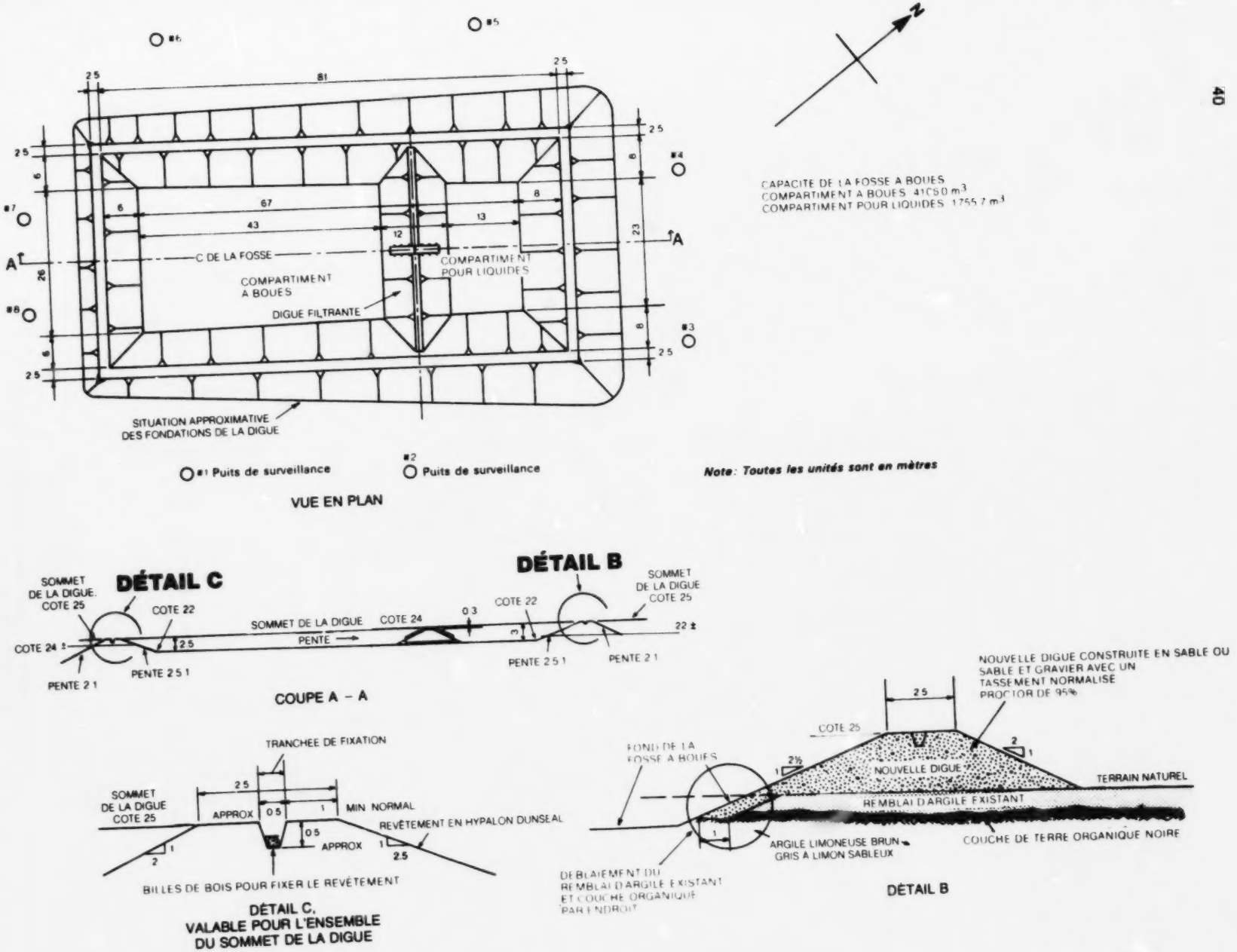
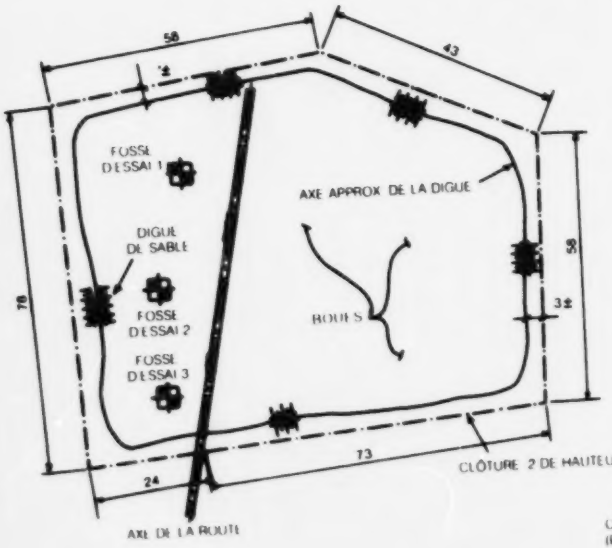
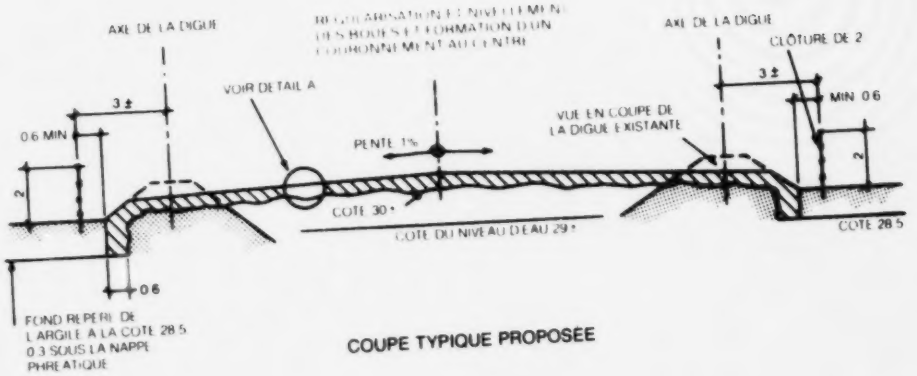


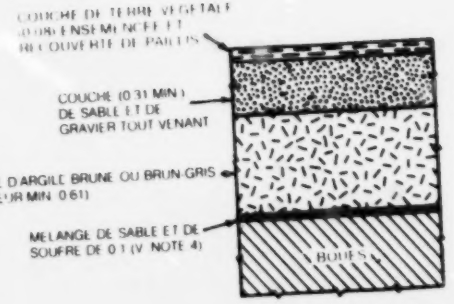
Figure B.2 *Domtar, Lebel-sur-Quévillon. Aménagement de l'ancienne aire d'enfouissement des déchets contaminés par le mercure, fermée en 1977.*



VUE EN PLAN DE LA FOSSE À BOUES ACTUELLE



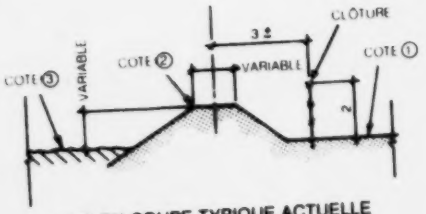
COUPE TYPIQUE PROPOSÉE



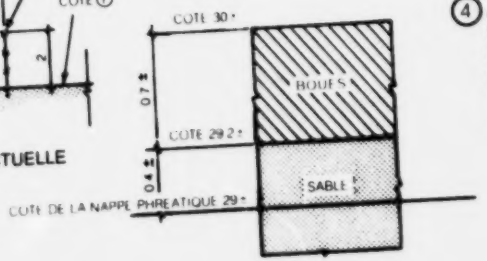
DÉTAIL A

NOTES

1. L'argile utilisée pour l'enveloppe imperméable doit être constituée d'argile brune ou brun-gris de l'endroit, exempte de contaminants, comme de sol de surface, de substances organiques, etc.
2. L'argile doit avoir une épaisseur minimale de 0.6, et sa surface doit être inclinée à partir du centre, avec une pente d'environ 1%. L'argile doit être mise en place et tassée en couches horizontales d'au plus 0.3 d'épaisseur, avec un tassement normalisé Proctor de 95%.
3. La surface de l'argile doit être protégée à l'aide d'une couche de 0.3 de sable et de gravier tout-venant. La protection finale consiste en terre végétale ensemencée et recouverte de paillis.
4. Après nivellement grossier de la surface des boues, recouvrir celles-ci d'une couche de 0.1 de sable, tel qu'indiqué au détail « A », puis d'une tonne métrique de soufre. La surface doit ensuite être bien ratissée pour mélanger le soufre et le sable.



VUE EN COUPE TYPIQUE ACTUELLE



VUE EN COUPE TYPIQUE (FOSSES D'ESSAI N^os 1, 2 ET 3)

Note Toutes les unités sont en mètres

Figure B.3 Domtar, Lebel-sur-Quévillon.
Nouveau lieu d'enfouissement des déchets contaminés par le mercure.

ANNEXE C – ALCAN

Lieu et opérations d'enfouissement

Les déchets sont rejetés dans deux anciens bassins à boues rouges, construits dans les années 1940-50 pour le rejet des résidus provenant de la fabrication d'alumine à partir de bauxite (voir figure C.1). Les bassins couvrent une superficie de 14 ha et contiennent au-delà de un million de tonnes de boues rouges. Environ 85 p. 100 de cette boue passerait au crible de 325 mailles au pouce. À l'époque du déversement des boues dans les bassins, les particules grossières se déposaient tout près des digues, constituées d'argile, de gravier et de gypse. Les particules fines, qui ont encore aujourd'hui une consistance semi-fluide, se rassemblaient au centre du bassin. Le fond du bassin est constitué d'argile et de roche.

Une grande partie du mercure traité au sulfure ou disulfure de sodium, déversé dans ces bassins entre 1971 et 1976, le fut près de la digue intérieure (celle située entre les bassins 2 et 5); mais, les boues traitées au sulfure ou disulfure de sodium et l'équipement de la fabrique démantelée furent enfouis près du centre des bassins.

Comme on l'a dit précédemment, des études furent entreprises pour déterminer les propriétés d'absorption du mercure par les boues rouges. Les études faites par ALCAN et la firme Couplan montrent que la boue rouge possède certaines propriétés absorbantes et complexantes. De ce fait, ALCAN estime que le mercure est bien stabilisé dans les bassins.

Opérations d'enfouissement

Après démantèlement, l'équipement ainsi que des barils de boues furent chargés sur des camions. La police locale attendait le convoi à la porte de l'usine, et l'escortait jusqu'au lieu d'enfouissement; elle attendait que tout le chargement soit enfoui pour se retirer. Le même processus se répéta pour les transports ultérieurs.

Des fosses d'environ 13 m de long, 7 m de large et 5 m de profond furent creusées dans les bassins à boues au moyen d'une grue à benne et à bélier. L'équipement fut, au besoin, broyé à l'aide du bélier avant d'être déposé dans la fosse. Les pièces de petites dimensions étaient directement poussées dans la fosse par un chargeur-convoyeur. À la fin de la journée, on creusait une autre fosse et la boue rouge excavée servait à recouvrir les éléments enfouis d'une couche d'au moins 1 m d'épaisseur.

Après enfouissement de tous les matériaux contaminés dans les bassins, on recouvrit progressivement toute la surface de 1 à 3 m de sable grossier, obtenu par séparation au cyclone de la boue rouge draguée dans le bassin voisin nº 5. La surface fut ensuite nivellée et recouverte d'une couche d'argile et de terre arable. On procède actuellement au nivellement final conformément au plan montré dans la figure C.2. L'ensemencement se fera en 1983-1984. L'eau de drainage de la surface des bassins s'écoule par la canalisation B.

Les études géotechniques de Géocon Ltée permirent de déceler une faiblesse dans la digue nord du bassin nº 2. Cette digue fut renforcée en 1982.

Vingt puits de surveillance, installés par Géocon pour mesurer les pertes de mercure par les eaux souterraines à partir des bassins 2 et 3A, sont maintenus en bon état et échantillonnés régulièrement pour déceler toute migration du mercure. La teneur en mercure des eaux souterraines prélevées dans ces puits est en moyenne de 0,3 μg/l.

Des échantillons d'eaux de ruissellement de surface et d'infiltration sont aussi prélevés régulièrement pour analyse. Les teneurs en mercure de ces eaux étaient en moyenne de 1,4 µg/l en mai, 5,0 µg/l en juin, 2,4 µg/l en juillet, 6,5 µg/l en août, 3,4 µg/l en septembre et 0,8 µg/l en octobre 1981, la perte totale variant entre 2 et 4 g par jour. Depuis que les bassins ont été recouverts de sable et de terre arable, l'évaporation de mercure à partir de la surface des bassins est vingt fois moindre.

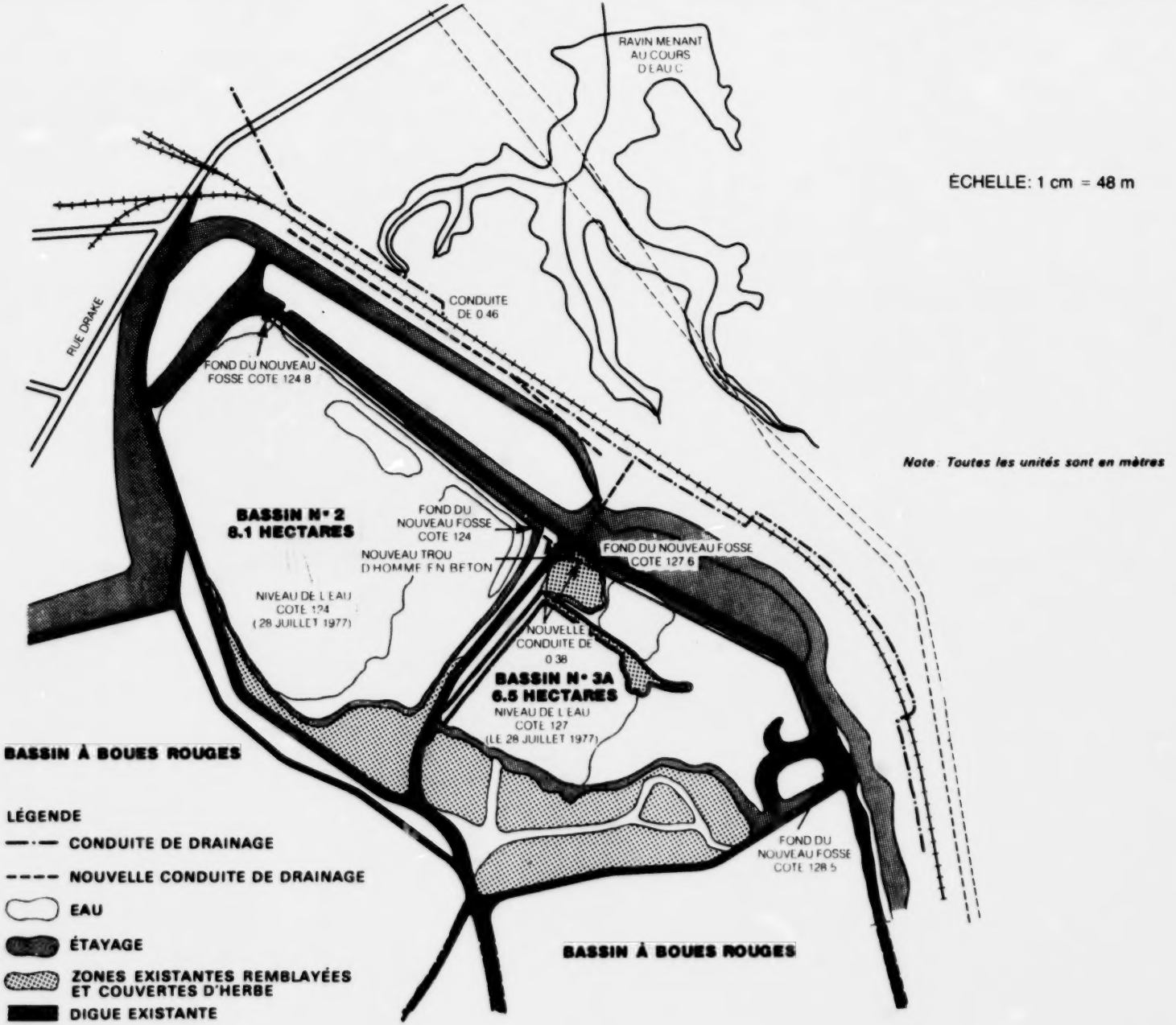
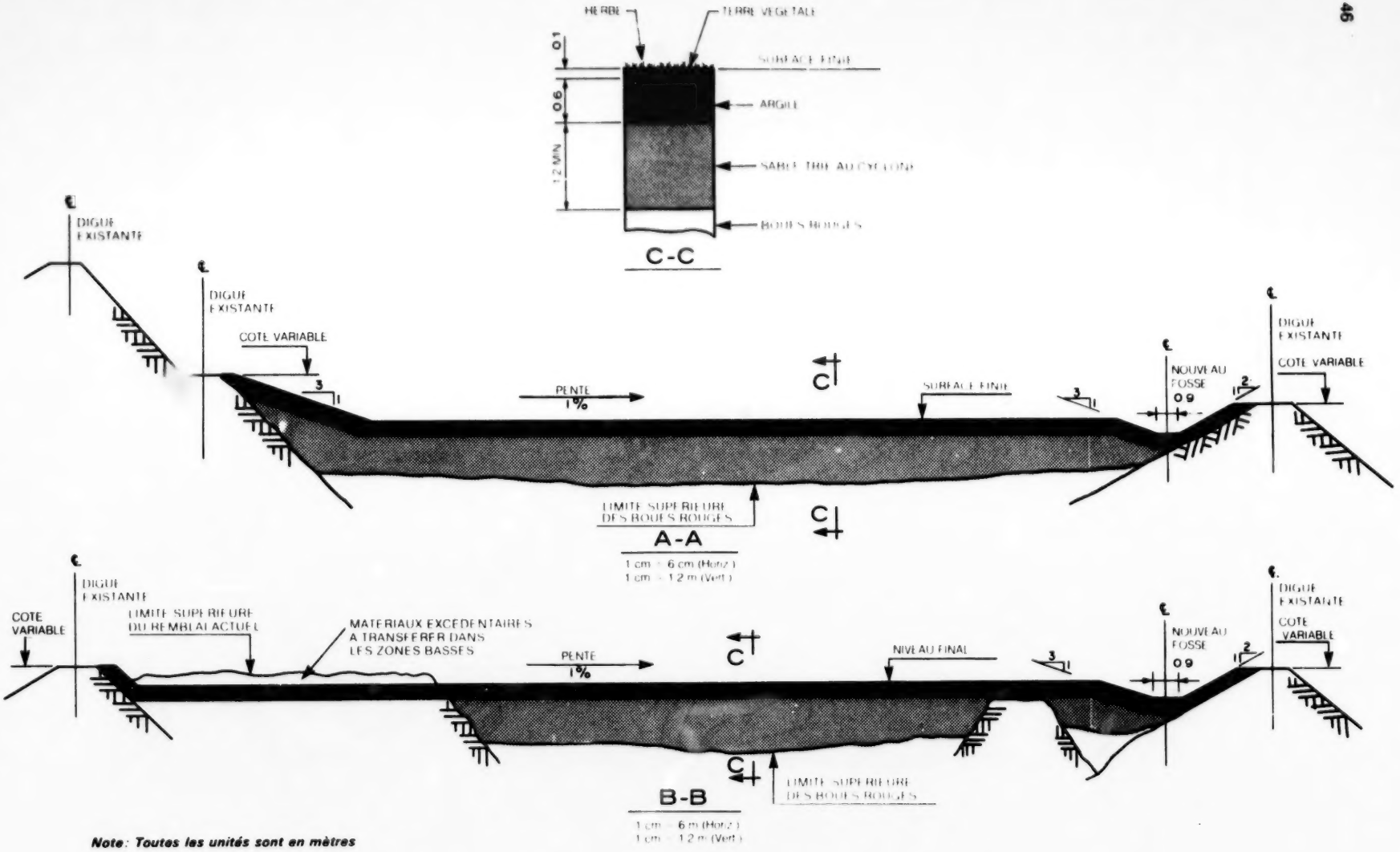


Figure C.1 ALCAN, Jonquière.
Bassins à boues rouges n^{os} 2 et 3 — Vue générale.



***Note*: Toutes les unités sont en mètres**

Figure C.2 ALCAN, Jonquière.
Bassins à boues rouges n^{os} 2 et 3 — Vue en coupe.

ANNEXE D – GREAT LAKES FOREST PRODUCTS LTD.
(anciennement Dryden Chemicals)

Lieu et opérations d'enfouissement

En 1970, Dryden Chemicals Ltd. (le propriétaire à l'époque) reçut l'ordre de réduire ses pertes de mercure dans l'environnement; il fallut par conséquent trouver un emplacement approprié pour le déversement des matériaux contaminés par le mercure. On opta pour un endroit situé dans une zone où le sol était relativement peu perméable, avec une capacité d'absorption et de désorption élevée, et où le niveau phréatique était suffisamment bas par rapport au fond des fosses pour que s'opère une certaine interaction entre les sédiments et une infiltration éventuelle. L'endroit est situé dans le canton de Van Horne (District de Kenora), sur la propriété de la Great Lakes, ce qui facilite les mesures de surveillance ainsi que l'aspect sécuritaire du programme.

Les fosses ont été excavées selon le schéma montré à la figure D.2, et doublées de polyéthylène de 5 millièmes de pouce d'épaisseur. Une autre enveloppe de polyéthylène était placée sur les boues, et le tout était recouvert d'une couche d'argile compactée. Lorsque les matériaux contaminés par le mercure étaient chargés dans des fûts ou des sacs, la fosse n'était pas garnie de polyéthylène, mais un tuyau de drainage de 2 cm, en matière plastique UNX, était alors installé sous la fosse à des fins de surveillance. Entre janvier 1971 et juin 1975, environ 2720 m^3 de matériaux furent enfouis dans les fosses 1, 1A, 2, 2A, 2B et 3 (voir tableau D1).

Les boues devant être enfouies étaient préalablement stabilisées en les mélangeant à du ciment et du sable. Pour chaque mètre cube de capacité du malaxeur, on comptait 125 kg de ciment Portland et 235 kg de sable. Les boues étaient ensuite ajoutées. Le chargement était malaxé pendant le transport entre la fabrique et la décharge, et déversé dans la fosse garnie de matière plastique. Lorsque les boues étaient mises dans des fûts, on les mélangeait au ciment et au sable directement dans le fût, la veille, pour leur permettre de durcir pendant la nuit. Elles étaient enfouies le lendemain.

Avant d'entreprendre le démantèlement et la décontamination de la fabrique de chlore par cellules à mercure, opérations qui se déroulèrent en octobre et novembre 1975, une fosse de 21 m x 6 m x 3,7 m avait été creusée. Le fond de la fosse avait été pourvu d'un tube de drainage en matière plastique, recouvert de 30 cm de sable et de 20 cm de béton. On déposa dans cette fosse toutes les cellules à mercure, les décomposeurs verticaux et horizontaux, le dégazeur sous vide, le refroidisseur d'hydrogène, l'épurateur, garniture d'étanchéité et collecteur, moteurs des pompes à mercure, les réservoirs récepteurs de produit caustique, la levée sur laquelle reposait les cellules, la charpente des passerelles de service, la tuyauterie du circuit de produit caustique, divers éléments de tuyauterie, etc. On coula ensuite 216 m^3 de béton sur cet équipement pour obtenir une calotte de 30 cm, sur laquelle on plaça une enveloppe de matière plastique puis une couverture d'argile tassée.

Tous les autres matériaux et pièces d'équipement de la fabrique, par exemple les fûts de boues, les pompes à mercure, le filtre du produit caustique, le conduit de ventilation de la cheminée de mise à l'atmosphère de l'hydrogène, la dalle de la salle des cellules, les tours de séchage, les collecteurs d'eau et de gaz, les distributeur et collecteur de la saumure, les boîtes d'extrémité et les joints d'étanchéité, les conduits de ventilation, les collecteurs de produit caustique faible et fort, les conduits d'hydrogène, les refroidisseurs d'hydrogène, les couvercles des décomposeurs, l'épurateur d'hydrogène, le récipient sous vide, les bacs à mercure, et divers

Tableau D.1 Feuille de route sur l'enfouissement des boues à la Great Lakes Forest Products Ltd. (anciennement Dryden Chemicals), à Dryden

Fosse n°	Date	Volume (m^3)	NIVEAUX						Remarques
			Niveau inf. des boues		Niveau sup. des boues		Niveau sup. du remblai		
			Ouest	Est	Ouest	Est	Ouest	Est	
1	Jan. Avr. 71	283	370.03	369.72	371.40	371.39	373.38	373.29	Boues mélangées avec du ciment et du sable
1A	Juil. Août Nov. 71	446	369.42	369.11	371,25	371.24	373.01	372.72	67 fûts de boues, 14 m d'anodes; 159 kg de ciment et 318 kg de sable par m^3 de boues (ajoutés la veille de l'enfouissement pour permettre le durcissement du mélange pendant la nuit)
2	Oct. 72 Jan. Juin 73	637	369.87	369.57	372.47	372.47	373.38	373.53	170 fûts d'anodes, 4 fûts de Quillon – C, 6 sacs de 23 kg de Buson – 881, 115 m^3 de sel, 15 m^3 d'anodes libres
2A	Oct. 73 Mars, Mai 74	553	369.87	369.72	372.74	372.58	373.78	373.44	50 fûts d'anodes
2B	Août Nov. 74	334	369.57	368.96	372.00	371.39	373.10	372.44	200 fûts d'anodes, 107 m^3 de sel
3	Déc. 74 Juin 75	467	369.87	369.72	372.47	372.46	373.33	373.50	Boues mélangées avec du ciment et du sable
3A	Juil. 75 Mars 76	669	369.72	369.57	372.31	372.31	373.35	373.10	250 fûts d'anodes, 17 camionnées de rebuts, 46 m^3 de béton, 69 m^3 de gravier
4	Oct. 75 Nov. 75	333	Dessus de la dalle de 20 cm 370.12	370.09	372.46	372.40	373.20	373.32	38 m^3 de sable de fond, 27 m^3 de béton (dalle de 20 cm), 20 cellules à mercure, 2 réservoirs de NaOH, 1 dégazeur, tuyaux, 153 m^3 de béton (revêtement de 30 cm)
4A	Juin 76 Avr. 77	430	369.57	369.57	372.46	372.44	374.00	374.00	580 m^3 de boues mélangées avec du ciment et du sable
5	Avr. 77 Mai 78	841	369.57	369.42	372.40	372.47	374.00	374.00	840 m^3 de boues mélangées avec du ciment et du sable

5A	Sept. 77 Mai 78	363	369.42	369.27	372.62	372.74	374.00	374.00	(Clarificateur Reed Tech.), 250 m^3 de matériaux dragués de la rivière (30 % d'écorces, 90 % de roches, 30 % de sable), 133 m^3 de béton (fond de béton de 30 cm, côtés et calotte)
6	Mai 78 Mai 79	646	369.27	369.27	372.62	372.62	374.00	374.00	646 m^3 de boues mélangées avec du ciment et du sable
6A	Mai 80 Mai 81	505	369.27	369.27	372.62	372.62	374.00	374.00	430 m^3 de dépôts du saturateur, 57 fûts de boues de 205 l chacun
7	Mai 79 Mai 80	672	369.11	369.11	372.16	372.16	374.00	374.00	107 m^3 de dépôts du saturateur, 565 m^3 de boues mélangées avec du sable et du ciment
8	Juin 81 Déc. 81		368.96	368.96	372.00	374.00	372.00	374.00	Réservoir en acier de 7,3 m ϕ x 3 m de hauteur, rempli d'argile

éléments de tuyauterie, etc., furent déversés dans une fosse de 30 m x 6,7 m x 2,7 m, garnie de matière plastique. La fosse a été recouverte d'une couche de béton sur laquelle on a placé une enveloppe en matière plastique et on a terminé par une couverture d'argile tassée. On a déversé en tout 1000 m^3 de matériaux dans les fosses 3A et 4.

Après la fermeture de l'usine, environ 535 m^3 de boues du clarificateur, de matériaux de dragage de la rivière, de dépôts du saturateur, et de résidus divers de nettoyage furent enfouis, avec 57 fûts de boues et un réservoir en acier, dans les fosses 4A, 5, 5A, 6, 6A, 7 et 8. La fosse 5A, qui renferme les boues du clarificateur et les boues de fond de la rivière, est tout en béton (fond, parois, couverture). Les autres fosses ont été garnies d'un revêtement en matière plastique. En 1981, toutes les fosses furent recouvertes d'argile, et nivelées. L'emplacement des fosses et des six puits de surveillance répartis à la périphérie du lieu d'enfouissement, est indiqué à la figure D.1.

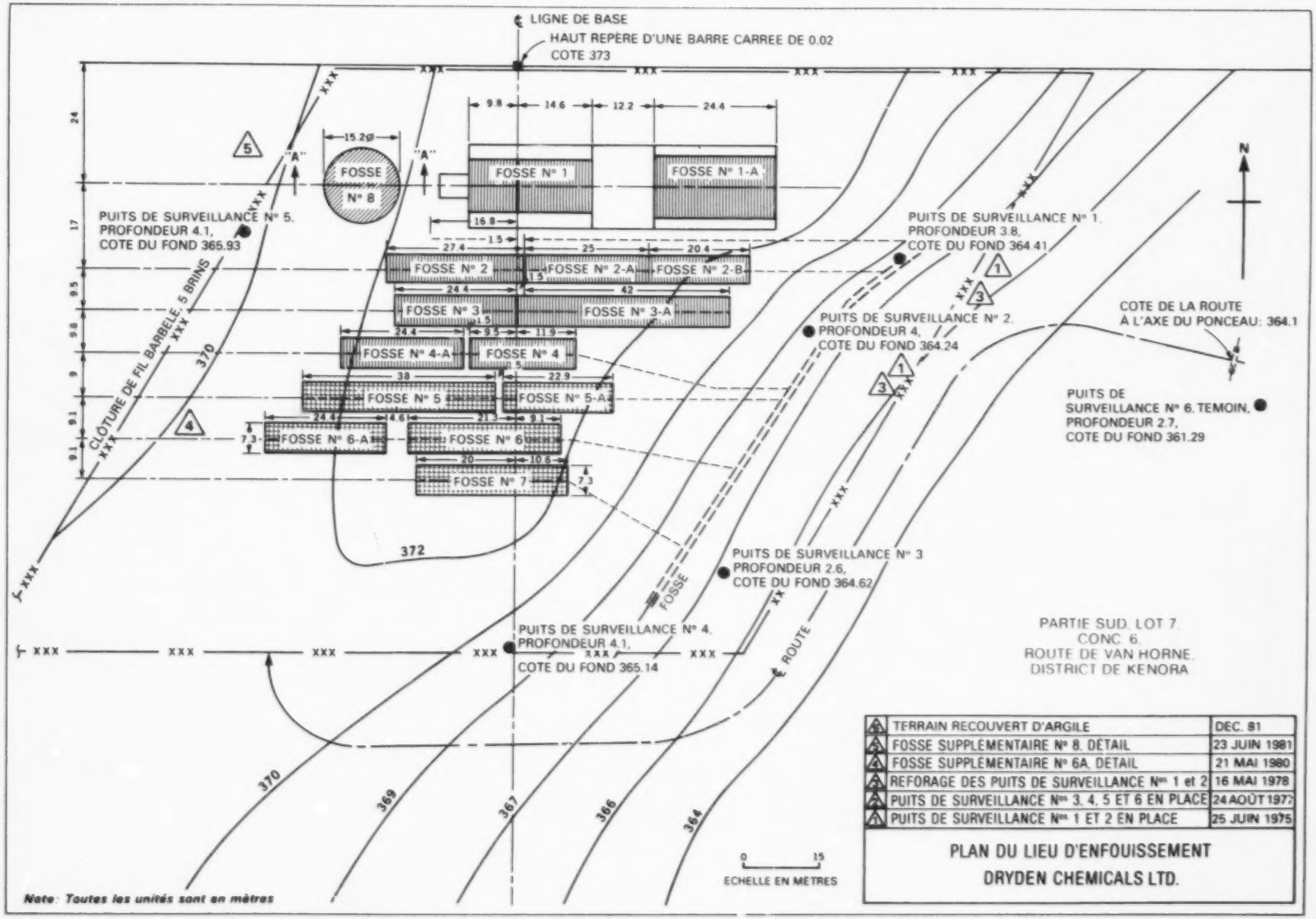


Figure D.1 *Great Lakes Forest Products Ltd., Dryden.*
Plan détaillé du lieu d'enfouissement de l'équipement et des déchets contaminés par le mercure.

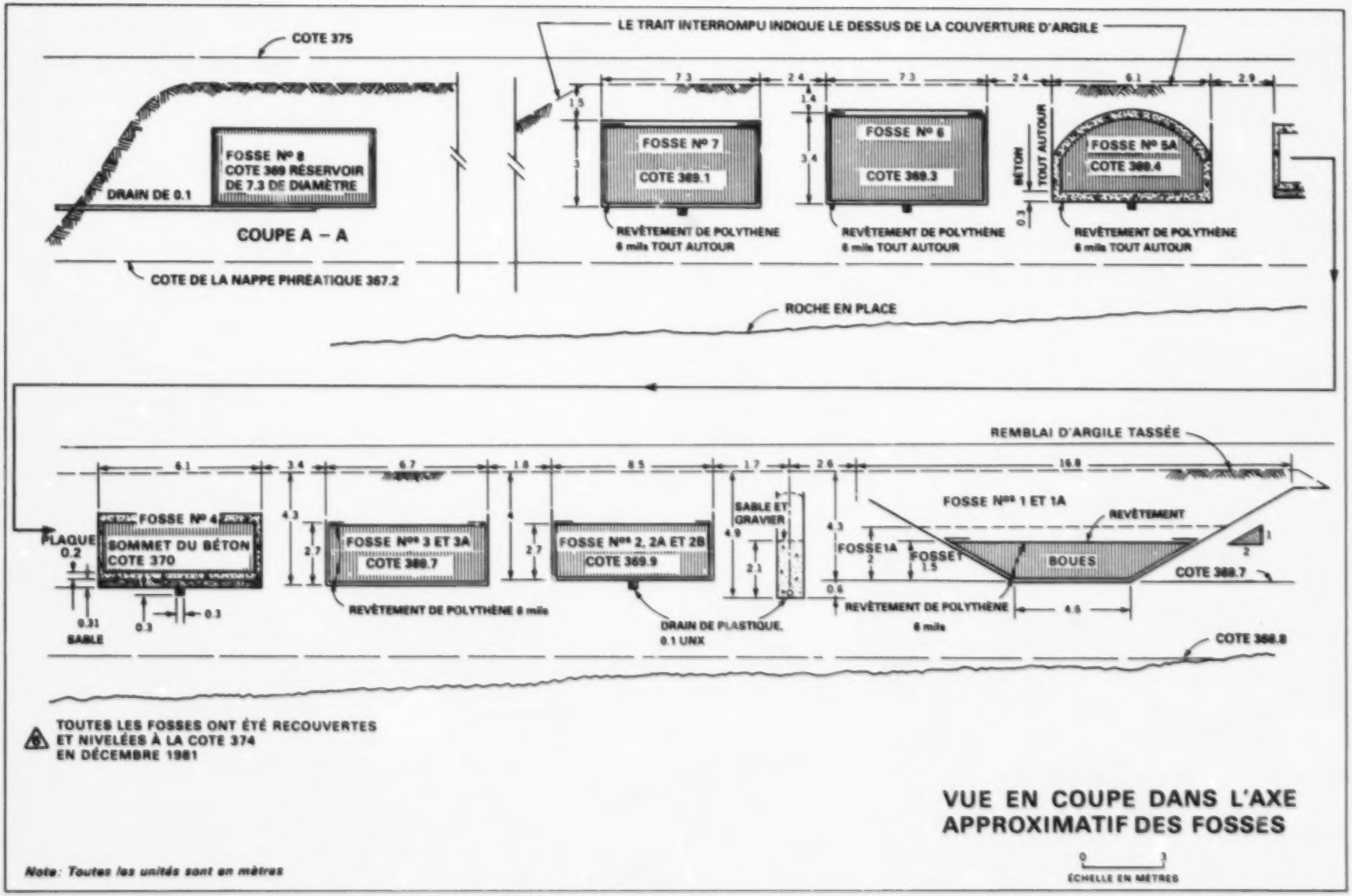


Figure D.2 Great Lakes Forest Products Ltd., Dryden.
Coupe transversale des fosses d'enfouissement.

ANNEXE E – AMERICAN CAN OF CANADA LTD.

Lieu et méthodes d'enfouissement des équipements et déchets contaminés par le mercure

Le Groupe technique de Reed Ltd. (maintenant propriété de Great Lakes Forest Products Ltd.) qui avait déjà participé au démantèlement de la fabrique de chlore de Reed Ltd. à Dryden (Ontario), fut engagé comme consultants par la American Can of Canada Ltd. pour le démantèlement de sa fabrique de chlore à Marathon. C'est ce groupe qui conçut la fosse d'enfouissement ainsi que les techniques de démantèlement.

American Can fit appel à Warnock-Hersey, Professional Services Ltd., pour localiser un lieu approprié pour l'enfouissement de l'équipement contaminé. Une zone argileuse éloignée de toute source d'approvisionnement en eau aurait constitué un endroit idéal, mais comme cette région ne renferme pas de terrain argileux, c'est une aire de 100 x 200 m, contiguë au lieu d'enfouissement utilisé depuis 1971, qui fut choisie. Ce terrain a été loué par la American Can of Canada Ltd. à la Couronne par l'intermédiaire du ministère ontarien des Ressources naturelles.

American Can fit creuser un puits de surveillance sur trois des côtés de la fosse, comme le montre la figure E.1. Le niveau phréatique à cet endroit est très bas; les puits n° 6 et 7 ont une profondeur de 23 m et le puits n° 5 à 25 m. Il n'y a jamais plus de 0,7 m environ d'eau dans n'importe lequel des puits, même pendant la période de fonte au printemps, et la plupart du temps les puits n° 6 et 7 sont à sec. Le dosage du mercure dans les échantillons provenant des puits de surveillance donne des résultats se situant entre une présence à l'état de trace et 4 μg/l.

Les détails de la construction de la fosse d'enfouissement sont indiqués à la figure E.2. Le fond et les parois de la fosse, d'une épaisseur de 30 cm, sont en béton armé de 210 kgf/cm^2. On commença par y déposer de façon bien ordonnée les cellules, pompes à mercure, boîtes d'extrémité, décomposeurs, joints d'étanchéité, distributeur et collecteur de la saumure, drain-collecteur des boîtes d'extrémité, distributeur d'eau douce et sa tuyauterie, collecteur du produit caustique faible et fort, bacs à mercure, tour de refroidissement de l'hydrogène, collecteurs de l'hydrogène, divers éléments de tuyauterie et d'autres pièces usées. Comme il restait de la place, la fosse ayant été construite assez grande pour parer aux imprévus, on acheva de la remplir avec 240 fûts de 205 l de boues provenant des réservoirs de traitement du mercure. Cela réduisait du même coup le volume de béton nécessaire pour cimenter entre eux les divers éléments contenus dans la fosse. Le petit vide qui restait fut comblé avec 50 m^3 de sable provenant des alentours de la fosse, et qui était peut-être contaminé par le mercure. On coula au préalable 200 m^3 de béton de 140 kgf/cm^2. Le sable se trouvait ainsi isolé dans une poche de béton. La fosse a été fermée avec 50 m^3 de béton de 210 kgf/cm^2.

La couverture, légèrement en forme de dôme, a une épaisseur de 20 cm environ au centre et de 15 m sur les bords, avec un surplomb de 15 cm. Cela permettra à l'eau d'infiltration de s'écouler de la partie supérieure tout autour de la fosse. Après la prise du béton, toute la surface fut recouverte de 1,5 m de sol réservé lors de l'excavation de la fosse.

La fosse est conçue pour résister aux tremblements de terre, à la formation de failles, etc. Elle se trouve au-dessous de la ligne de gel pour éviter toute poussée verticale. Si la fosse venait à se fissurer, seuls les matériaux situés le long des fissures seraient exposés au lessivage du mercure par les eaux souterraines; advenant une augmentation rapide de la teneur en mercure dans les eaux souterraines, des mesures devront être immédiatement prises, car elle sera signe que la fosse est fissurée.

De 1971 à 1977, les boues contaminées par le mercure, les anodes usées, etc., étaient chargées dans des fûts en acier, et enfouies dans des fosses aménagées dans le lieu d'enfouissement. L'emplacement et la structure de ces fosses sont illustrés à la figure E.1.

Pendant l'enfouissement de l'équipement, une clôture munie d'une porte verrouillée, fut mise en place autour de la fosse pour interdire l'accès de la zone à toute personne non autorisée. Une clôture permanente avec une porte en interdit l'accès à partir de la route.

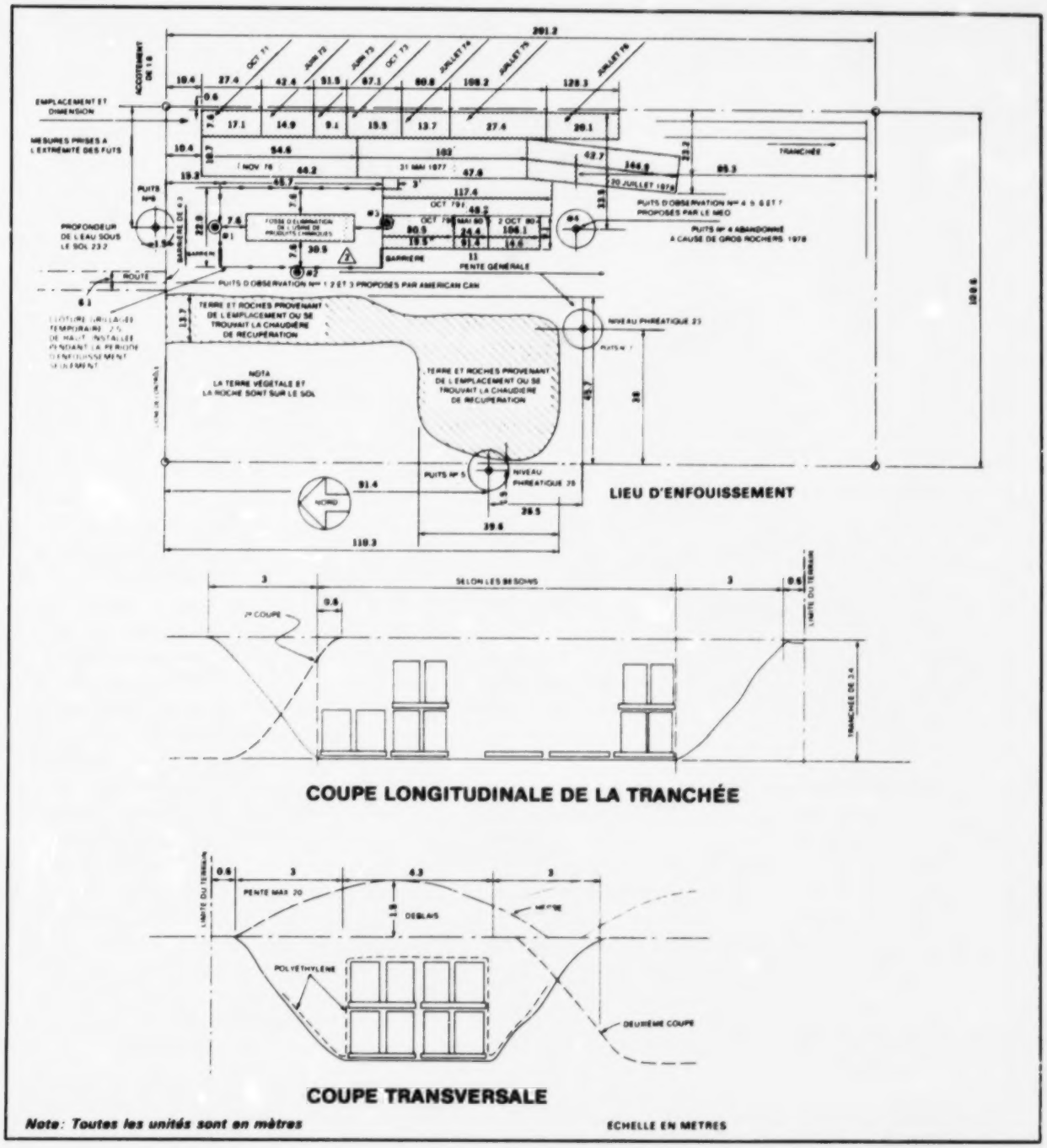


Figure E.1 American Can of Canada Ltd., Marathon.
Plan du lieu d'enfouissement des déchets contaminés par le mercure.

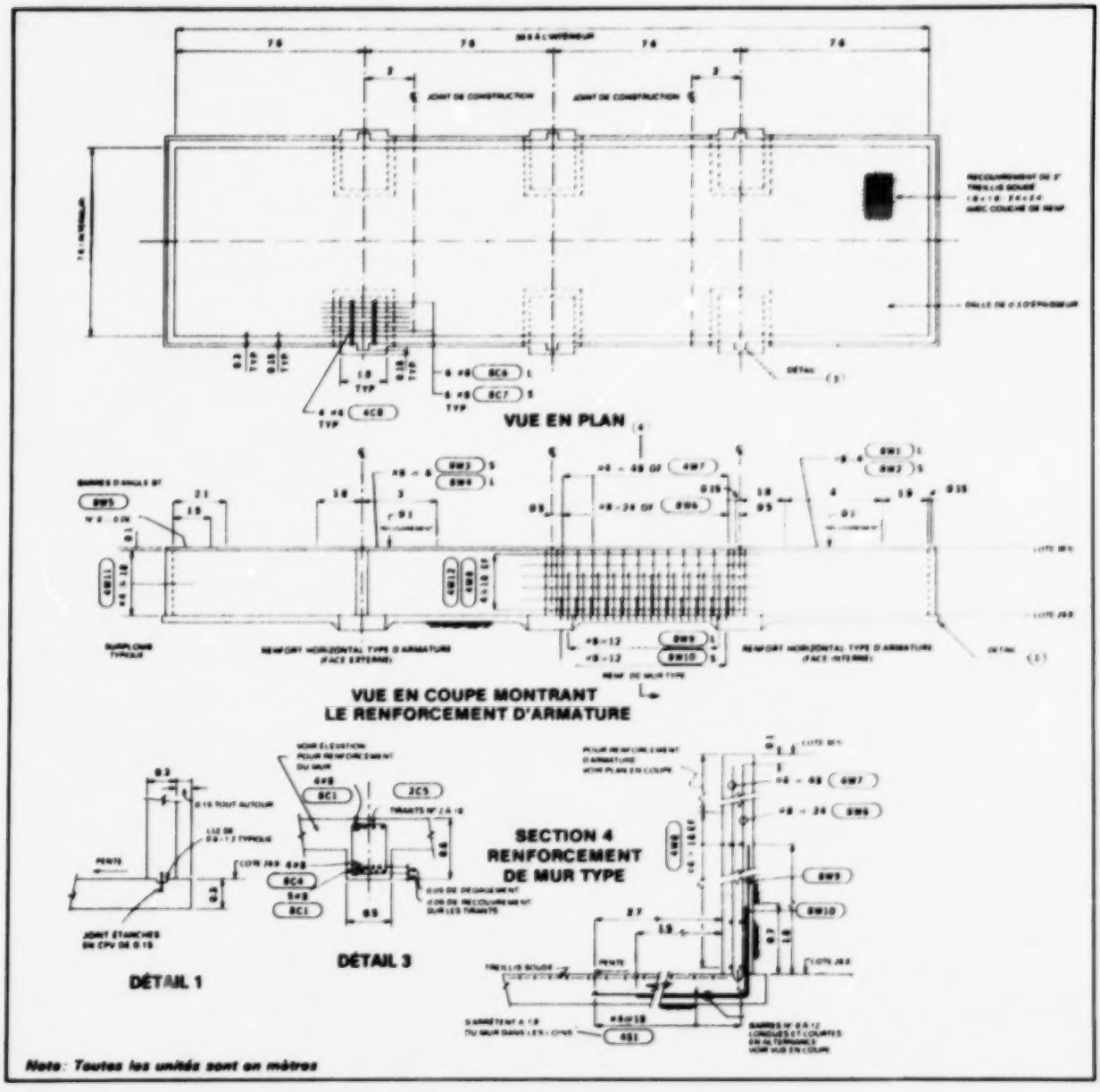


Figure E.2 American Can of Canada Ltd., Marathon.
Détails de la fosse d'enfouissement.

ANNEXE F – CANADIAN INDUSTRIES LTD.

Lieu et méthodes d'enfouissement de l'équipement et déchets contaminés par le mercure

Stratigraphie du site

Un certain nombre d'études ont été menées par Géocon en 1975, 1977, 1978 et 1981, et par les Laboratoires Choisy Ltée en 1981 pour déterminer la disposition des couches et les propriétés géotechniques du sol à l'intérieur et autour du lieu d'enfouissement de Saint-Boniface-de-Shawinigan.

Ce lieu d'enfouissement est situé à environ 5 km à l'ouest de l'usine. Il est bordé à l'ouest par un ravin, au sud par une ligne de chemin de fer, et à plusieurs centaines de mètres au nord passe une autoroute. Le terrain est plat et recouvert de végétation. Le ravin d'une profondeur d'environ 12 à 14 m, avec une pente variant de 18 à 30 degrés, est en majeure partie boisé.

L'étude stratigraphique du site révèle une couche de terre arable de 15 cm environ, recouvrant un lit d'environ 2 m d'argile brune limoneuse, suivie d'une couche d'argile limoneuse grise ferme. Le forage F3 (voir figure F.1) a rencontré une assise rocheuse à une profondeur de 7,6 m, mais le trou de forage F4 qui ne se trouve qu'à 14 m de F3 ne rencontrait que de l'argile, au moins sur les 16 m forés.

Les résultats des essais de résistance au cisaillement, effectués sur une couche intacte d'argile limoneuse brune, variaient de 10 250 kg/m^2 à 13 200 kg/m^2, ce qui révèle la présence d'une argile de consistance très ferme. Les essais de résistance au cisaillement, effectués dans la couche d'argile limoneuse grise jusqu'à une profondeur de 14 m, donnèrent des résultats variant entre 3700 kg/m^2 à 13 400 kg/m^2 ce qui traduit la présence d'une argile de consistance moyenne à très ferme. Plusieurs essais de résistance au cisaillement furent conduits avec l'argile d'altération présente à la surface du ravin. Les valeurs obtenues oscillaient entre 440 kg/m^2 et 2800 kg/m^2. Cette argile est donc très tendre et peu stable (voir figures F.2 et F.3 pour la stratigraphie de sol).

Étant donné que deux des fosses d'enfouissement n'étaient qu'à environ 13 à 20 m du bord du ravin, la firme Géocon fut chargée d'étudier la stabilité à long terme de la pente naturelle. Géocon aboutit aux conclusions suivantes: *1*) il n'y avait aucune trace visible de glissement ou de déplacement le long de la pente; *2*) au point qui était considéré comme étant le plus représentatif de la pente, les résultats montrent que dans les conditions piézométriques observées, et jugées normales, le facteur de sécurité était acceptable; *3*) à condition qu'aucun phénomène externe ne modifie l'état du sol à la base, au sommet ou sur les côtés de la pente, ou qu'aucun processus artificiel ne provoque une érosion ou une faille à la base de la pente, ou qu'aucun déversement d'argile ne soit effectué, et surtout que le drainage au sommet et à la base de la pente ne soit pas bloqué par l'épandage d'argile à ces endroits, la probabilité que la pente devienne instable est extrêmement faible; *4*) il n'y a pas, à proximité de la pente, de travaux pouvant provoquer des vibrations, et aucune modification ne pourra être apportée à cette zone sans étude préalable.

Enfouissement des boues, des résidus et des pièces d'équipement

1° Six fosses ayant jusqu'à 13 m de profondeur, et de grandeur variable, comme le montre la figure F.1, furent progressivement creusées.

2° Les boues et l'équipement contaminés par le mercure, qui avaient été précédemment enfouis le long du bassin de décantation et de traitement, furent retirés et enfouis dans la fosse n° 1, durant l'été 1978.

3° On retira du bassin de décantation et de traitement, environ 18 500 m^3 de boues du traitement de purification de la saumure, contenant en moyenne 210 g de mercure/t, soit au total 6790 kg de mercure. On retira également 15 300 m^3 environ d'un mélange de sable et de limon, dont la teneur moyenne en mercure était de 45 g/t, pour un total de 1105 kg de mercure. Ces matières solides contaminées furent enfouies dans les fosses 2 et 3 du lieu d'enfouissement de Saint-Boniface-de-Shawinigan.

4° Environ 61 200 m^3 de matières solides du traitement de la saumure, d'électrodes usées, de sable, d'argile, de morceaux de ciment, etc., furent retirés du ravin. La teneur moyenne en mercure de ces matériaux était de 82 g/t, soit 8500 kg de mercure pour l'ensemble. Le tout fut enfoui dans les fosses 2 et 3.

5° Tout l'équipement du secteur de la saumure, de la salle des cellules, des secteurs de l'hydrogène, du produit caustique et du chlore, les déblais provenant de la démolition des bâtiments qui abritaient cet équipement, ainsi que le sol contaminé excavé au-dessous et autour des bâtiments, furent enfouis dans les fosses 3, 4 et 5. Les cellules, les anodes, les briques, l'acier, le bois, les planchers, les dalles et piliers en ciment, etc. contenaient environ 3000 kg de mercure. Les 30 600 m^3 de sable et d'argile excavés au-dessous de la salle des cellules et de la zone attenante contenaient en moyenne 75 g de mercure par tonne, ce qui représente au total 3675 kg de mercure.

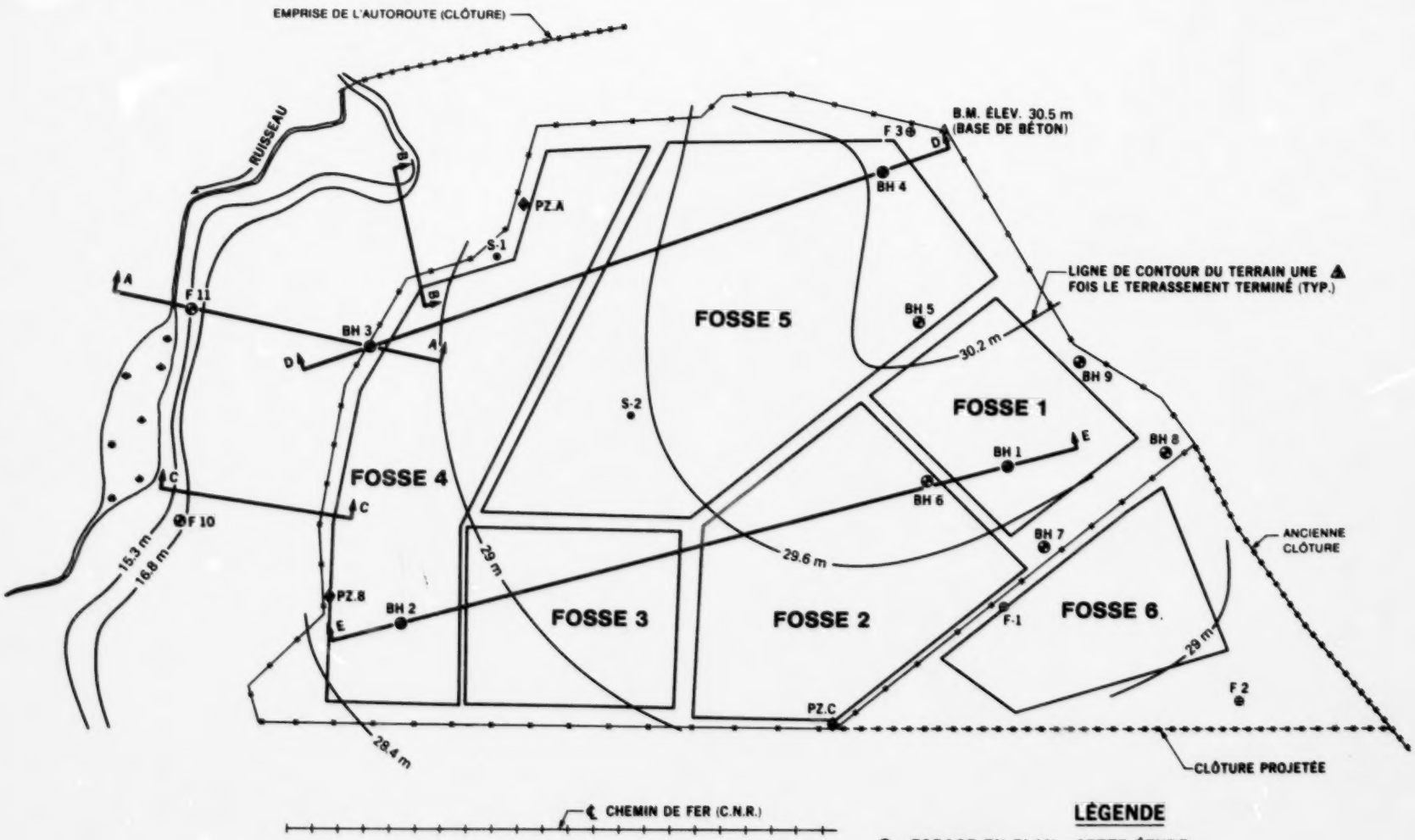
6° C'est près de 142 000 m^3 de matériaux renfermant environ 23 000 kg de mercure qui furent enfouis dans les six fosses.

7° Une fois la fosse remplie, elle était bouchée avec 0,75 à 1 m d'argile dense (provenant de l'excavation des fosses), puis nivelée et recouverte de 15 à 20 cm de terre arable. L'aire était ensuite ensemencée.

8° Il existe un dossier de tous les matériaux et pièces qui ont été enfouis dans les six fosses.

9° Tout le secteur a été clôturé pour en interdire l'accès au public.

10° Des puits de surveillance ont été stratégiquement répartis à la périphérie du lieu d'enfouissement. Des échantillons seront prélevés régulièrement pour déceler s'il y a migration du mercure. S'il existe quelque risque que ce soit pour l'environnement, la CIL devra prendre les mesures qui s'imposent.



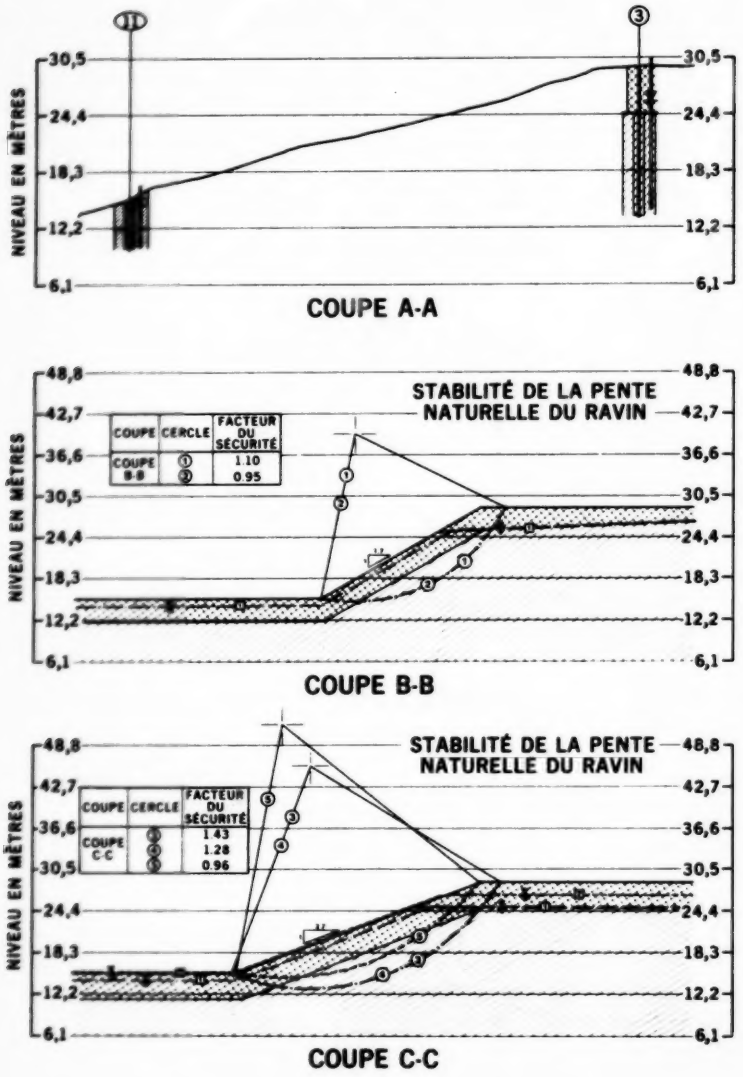
LÉGENDE

- FORAGE EN PLAN · CETTE ÉTUDE
- FORAGE EN PLAN · ÉTUDE PRÉCÉDENTE (RAPPORT DE GÉOCON (1975) LTD. M4476 · 24 OCT. 1978)
- FORAGE EN PLAN · ÉTUDE PRÉCÉDENTE (RAPPORT DE GÉOCON (1975) LTD. M4394 · 11 NOV. 1977)
- FORAGE EN PLAN · PAR AUTRES (LABORATOIRES CHOISY LTÉE)
- ESSAI AU SCISSOMÈTRE · CETTE ÉTUDE
- SITE DE PIEZOMÈTRES PROPOSÉ

SITE D'ENFOUISSEMENT DES RÉSIDUS

Figure F.1 *CIL, Shawinigan.*
Lieu d'enfouissement des déchets contaminés par le mercure.

STRATIGRAPHIE DU SOL

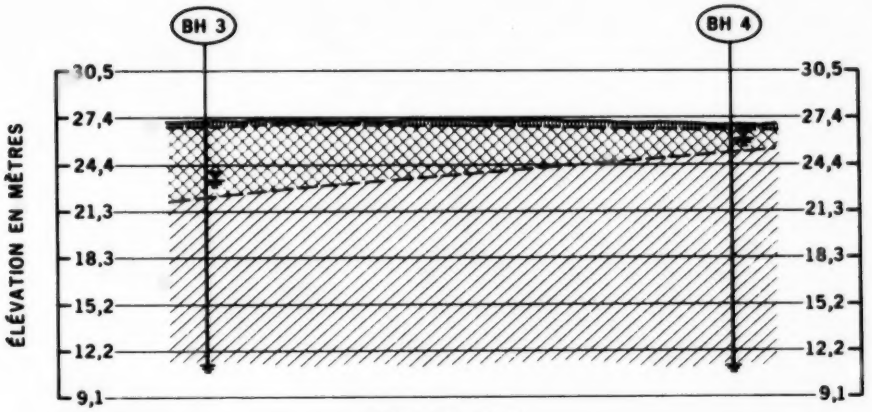


LÉGENDE

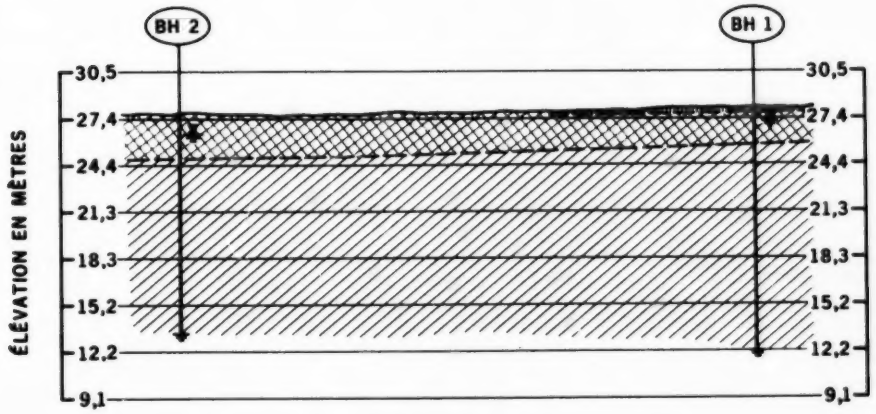
- ARGILE LIMONEUSE GRIS-BRUN, OXYDÉE, DESSÉCHÉE, RAIDE
- ARGILE LIMONEUSE GRISE, REMANIÉE, MOLLE À MOYENNE
- ARGILE LIMONEUSE GRISE, SENSIBLE, RAIDE
- FORAGE EN COUPE - CETTE ÉTUDE
- NIVEAU D'EAU DANS LE PIÉZOMÈTRE LE 29 JUIL. 1981
- FORAGE EN COUPE - ÉTUDE PRÉCÉDENTE (RAPPORT DE GEOCON (1975) LTD. M4394 - 11 NOV. 1977)
- NIVEAU D'EAU DANS LE TUYAU LE 16 SEPT. 1977

Figure F.2 CIL, Shawinigan.
Stratigraphie du sol du lieu d'enfouissement.

STRATIGRAPHIE DU SOL



COUPE D-D



COUPE E-E

LÉGENDE

- TERRE VÉGÉTALE
- ARGILE LIMONEUSE GRISE, REMANIÉE, MOLLE À MOYENNE
- ARGILE LIMONEUSE GRISE, SENSIBLE, RAIDE

POOR

QUALITY

ORIGINAL